Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

Методические рекомендации

к выполнению лабораторных и практических работ

по междисциплинарному курсу МДК01.03 «Эксплуатация и ремонт  
электрооборудования промышленных и гражданских зданий»

профессионального модуля ПМ.01 «Организация и выполнение работ по эксплуатации и ремонту электроустановок»  
для специальности 08.02.09

“Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования  
промышленных и гражданских зданий”

ФП «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ»

Челябинск 2022

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Методические рекомендации составлены в соответствии с программой профессионального модуля ПМ.01 «Организация и выполнение работ по эксплуатации и ремонту электроустановок» | **ОДОБРЕНА**  Предметной (цикловой)  комиссией  протокол №  от «\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022.  Председатель ПЦК  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С.А.Чиняева | **УТВЕРЖДАЮ**  Заместитель  директора по НМР  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Т.Ю.Крашакова  “\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2022 г. |

Составитель: Чиняева С.А.. - преподаватель Южно-Уральского государственного технического колледжа

Согласовано: Пережогин А.А. - главный инженер ООО «УК Южуралэлектромонтаж-два»

СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Пояснительная записка  [Перечень лабораторных и практических работ](#bookmark1)  Требования к содержанию отчета  Критерии оценки отчетных работ  Образец титульного листа  Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ  Лабораторная работа №1. Проверка сопротивления изоляции обмоток электродвигателей  Лабораторная работа №2. Проверка центровки валов и воздушных зазоров в электродвигателях  Лабораторная работа №3. Дефектация и ремонт машин постоянного тока  Лабораторная работа №4. Дефектация и ремонт асинхронных двигателей  Практическая работа №1 Планирование ремонта электромашин, определение трудоемкости и численности рабочих  Лабораторная работа №5. Определение затрат времени и количества рабочих и ИТР на ремонт электрооборудования  Практическая работа №2 Изучение способов сушки электрических машин и трансформаторов  Лабораторная работа №6. Техническое обслуживание и ремонт осветительной установки  Лабораторная работа №7. Эксплуатация групповых щитков и счетчиков электроэнергии  Лабораторная работа №8. Прозвонка жил проводов и кабелей, проверка сопротивления изоляции  Лабораторная работа №9. Испытания трансформаторов тока и напряжения после ремонта  Лабораторная работа №10. Испытания трансформаторного масла  Практическая работа №3 Составление графиков мероприятий по эксплуатации электрооборудования  Практическая работа №4 Составление графиков профилактических осмотров и текущих ремонтов электрооборудования  Практическая работа №5 Составление графиков капитального ремонта кабельных линий  Список литературы | 4  6  7  7  8  9  10  15  21  29  34  37  42  52  56  59  61  67  70  72  74  74 |  |

**Пояснительная записка**

Методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторных и практических работ по МДК.01.03 «Эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных и гражданских зданий» по темам: 2.5 Эксплуатация и ремонт электродвигателей, 2.6 Эксплуатация и ремонт силового электрооборудования, 3.2 Эксплуатация и ремонт электрических сетей и установок базового и углубленного уровней подготовки.

Целью проведения лабораторных и практических работ является подтверждение, закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков по организации и выполнению работ по эксплуатации и ремонту электроустановок

В учебном пособии дан перечень лабораторных и практических работ по соответствующим темам, содержание и порядок выполнения работ, контрольные вопросы по каждой работе.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения для работы в аудитории.

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и рабочей программы профессионального модуля ПМ.01.

Темы лабораторных и практических работ представлены в соответствии с порядком их изучения в теоретическом блоке МДК01.03 и позволяют сформировать профессиональные компетенции:

ПК 1.1. Организовывать и осуществлять эксплуатацию электроустановок промышленных и гражданских зданий.

ПК 1.2. Организовывать и производить работы по выявлению неисправностей электроустановок промышленных и гражданских зданий.

ПК1.3.Организовывать и производить ремонт электроустановок промышленных и гражданских зданий.

Количество учебных часов соответствует рабочей программе. Преподавание дисциплины имеет практическую направленность и проводится в тесной связи с дисциплинами профессионально цикла: электротехника, основы электроники, техническая механика, электрические машины, наладка электрооборудования, электрический привод.

В результате изучения студент должен: знать:

- правила технической эксплуатации осветительных установок, электродвигателей, электрических сетей;

* условия приемки электроустановок в эксплуатацию;
* перечень основной документации для организации работ;

-требования техники безопасности при эксплуатации электроустановок;

* устройство, принцип действия и схемы включения измерительных приборов;
* типичные неисправности электроустановок и способы их устранения;
* технологическая последовательность производства ремонтных работ;
* назначение и периодичность ремонтных работ;
* методы организации ремонтных работ.

уметь:

* оформлять документацию для организации работ и по результатам испытаний в действующих электроустановках с учетом требований техники безопасности;
* читать и выполнять рабочие чертежи электроустановок;
* производить электрические измерения на различных этапах эксплуатации электроустановок;
* планировать работу бригады по эксплуатации электроустановок
* контролировать режимы работы электроустановок;
* выявлять и устранять неисправности электроустановок;

планировать мероприятия по выявлению и устранению

неисправностей с соблюдением требований техники безопасности;

планировать и проводить профилактические осмотры

электрооборудования; планировать ремонтные работы;

* выполнять ремонт электроустановок с соблюдением требований техники безопасности;
* контролировать качество проведения ремонтных работ.

Перечень лабораторных и практических работ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | Название работы | Количество часов |
| 1 | Проверка сопротивления изоляции обмоток электродвигателей | 2 |
| 2 | Проверка центровки валов и воздушных зазоров в электродвигателях | 4 |
| 3 | Дефектация и ремонт машин постоянного тока | 4 |
| 4 | Дефектация и ремонт асинхронных двигателей | 2 |
| 5 | Планирование ремонта электромашин, определение трудоемкости и численности рабочих | 2 |
| 6 | Определение затрат времени и количества рабочих и  ИТР на ремонт электрооборудования | 2 |
| 7 | Изучение способов сушки электрических машин и трансформаторов | 2 |
| 8 | Техническое обслуживание и ремонт осветительной установки | 2 |
| 9 | Эксплуатация групповых щитков и счетчиков электроэнергии | 2 |
| 10 | Прозвонка жил проводов и кабелей, проверка сопротивления изоляции | 2 |
| 11 | Испытания трансформаторов тока и напряжения после ремонта | 2 |
| 12 | Испытания трансформаторного масла | 2 |
| 13 | Составление графиков мероприятий по эксплуатации электрооборудования | 2 |
| 14 | Составление графиков профилактических осмотров и текущих ремонтов электрооборудования | 4 |
| 15 | Составление графиков капитального ремонта кабельных линий | 2 |
|  | Итого | 36 |

Требования к содержанию отчета

Каждая отчетная работа должна содержать:

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Необходимые схемы.
4. Необходимые формулы и расчеты.
5. Таблицы с результатами замеров и расчетов.
6. Графики и диаграммы, построенные по результатам замеров и расчетов, если это требуется по заданию.
7. Ответы на контрольные вопросы.
8. Выводы по работе.

Схемы вычерчиваются в соответствии с требованиями ГОСТ с помощью условных обозначений на листах формата А4. Графическая часть отчета (схемы, таблицы, графики) выполняются карандашом с применением чертежных инструментов. Отчет можно выполнять в рукописном варианте или с применением ПК.

Критерии оценки отчетных работ

|  |  |
| --- | --- |
| Критерии | Оценка |
| Графическая часть работы выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ, приведены порядок расчетов и результаты расчетов в таблицах, построены все графики, указаны единицы измерения | Отлично |
| Графическая часть работы выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ, порядок расчетов приведен не полностью, результаты расчетов в таблицах присутствуют, построены все графики, указаны не все единицы измерения | Хорошо |
| Графическая часть работы выполнена не в соответствии с требованиями ГОСТ, не приведен порядок расчетов, только  результаты расчетов в таблицах, построены все графики, не указаны единицы измерения | удовлетворительно |

*Министерство образования и науки Челябинской области*

*Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение*

**Южно-Уральский государственный технический колледж**

ОТЧЕТ

По лабораторным и практическим работам  
междисциплинарного курса МДК01.03  
«Эксплуатация и ремонт электрооборудования  
промышленных и гражданских зданий »  
профессионального модуля ПМ.01 «Организация и выполнение работ

по эксплуатации и ремонту электроустановок»  
специальность 08.02.09

«Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования  
промышленных и гражданских зданий»

Выполнил:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Группа:

Проверил:

Челябинск 201\_г.

Правила техники безопасности при выполнении  
лабораторных работ:

* студент, находясь в лаборатории, должен быть предельно дисциплинированным и внимательным;

находиться непосредственно у исследуемой лабораторной установки;

* запрещается подходить к другим установкам, распределительным щитам и пультам и делать на них какие-либо включения или переключения; включать схему под напряжение, если кто- нибудь касается ее неизолированной токоведущей части; производить какие-либо пересоединения в схеме, находящейся под напряжением; во время работы электрической машины касаться вращающихся частей или наклоняться к ним близко; оставлять без наблюдения лабораторную установку или отдельные приборы под напряжением;
* запрещается включать установку без проверки схемы преподавателем;
* при перемещениях движков и рукояток пускорегулирующей аппаратуры необходимо следить за тем, чтобы рука была в соприкосновении только с изолированной рукояткой;
* одежда студента не должна иметь свободно свисающих концов шарфов, косынок, галстуков и т. п., а прическа или головной убор должны исключать возможность «свисания» прядей волос.

Лабораторная работа №1

ПРОВЕРКА СОПРОТИВЛЕНИЯ  
ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Цель работы:

Научиться производить измерение сопротивления изоляции обмоток двигателя методом вольтметра.

В результате выполнения работы студент должен:

**знать** - характеристики изоляции;

**уметь -** измерять сопротивление изоляции.

Методические указания по выполнению работы:

Применяемые для изоляции обмоток электрических машин изоляционные материалы не являются идеальными диэлектриками. В зависимости от своих физико-химических свойств они в большей или меньшей степени проводят по своей поверхности или через внутренние слои небольшой электрический ток. Значение электрического сопротивления изоляции — один из важнейших показателей надежности работы электродвигателей. О сопротивлении изоляции судят по значению проходящего через нее постоянного тока. Использование постоянного напряжения связано и с чем, что при приложении переменного напряжения емкость, возникающая между разнородными металлами, из которых сделан электродвигатель и его обмотки, вызывает искажение показаний приборов.

Известно, что сопротивление изоляции измеряется в Омах, но так как его значение очень велико, то его принято выражать в мегаомах (миллионы Ом) или килоомах (тысячи Ом). Если, например, между обмоткой электродвигателя и его корпусом действует электрическое напряжение 1000 В и при этом проходит ток 0.001 А, то сопротивление изоляции Я.В = 1000/0,001 = 10 Ом =1 МОм.

Нормы значения сопротивления изоляции при приемосдаточных испытаниях регламентированы «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ гл. 1.8).

Для двигателей постоянного тока сопротивление изоляции должно быть, не ниже: между обмотками, а также каждой обмотки относительно корпуса 0,5 МОм при температуре 10—30 °C; бандажей якоря (кроме возбудителей) не нормируется; бандажей якоря возбудителя 1 МОм.

Для двигателей переменного тока напряжением до 1 кВ сопротивление изоляции должно соответствовать нормам, приведенным в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Допустимое сопротивление изоляции электродвигателей переменного тока

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Испытуемый объект | Напряжение  мегаомметра, | Сопротивление изоляции |
| Обмотка статора  напряжением до  1кВ. | 1 | Не менее 0,5МОм  при температуре 10-30°С. |
| Обмотка ротора  синхронного электродвигателя и электродвигателя с фазным ротором. | Не менее 0,2Мом при температуре 10-30°С (допускается не ниже 2кОм при 75°С или 2кОм при 20°С для неявнополюсных машин). |
| Подшипники синхронных электродвигателей напряжением выше 1кВ. | Не нормируется (измерения производится относительно фундаментной плиты при полностью собранных маслопроводах.) |

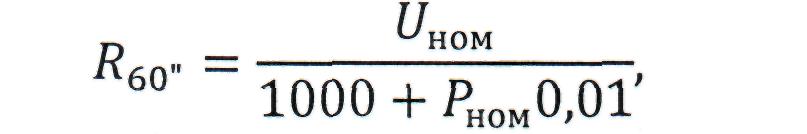
Сопротивление изоляции обмоток вновь вводимых в эксплуатацию электрических машин мощностью до 5000кВт на номинальное напряжение до 10.5кВ должно соответствовать нормам, приведенным в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Допустимое сопротивление изоляции обмоток R60”, электродвигателей мощностью до 5000 кВт, включительно.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Температура обмотки, С | R60”, Мом, при номинальном напряжении машины, кВ | | |
| 3—3,15 | 6 6,3 | 10—10,5 |
| 10 | 20 | 60 |  |
| 20 | 30 | 40 | 70 |
| 30 | 15 | 30 | 50 |
| 40 | 10 | 20 | 35 |
| 50 | 7 | 15 | 25 |
| 60 | 5 | 10 | 17 |
| 75 | 3 | 6 | 10 |

Для машин мощностью выше 5000кВт а также для машин на номинальное напряжение выше 10,5кВ наименьшее сопротивление

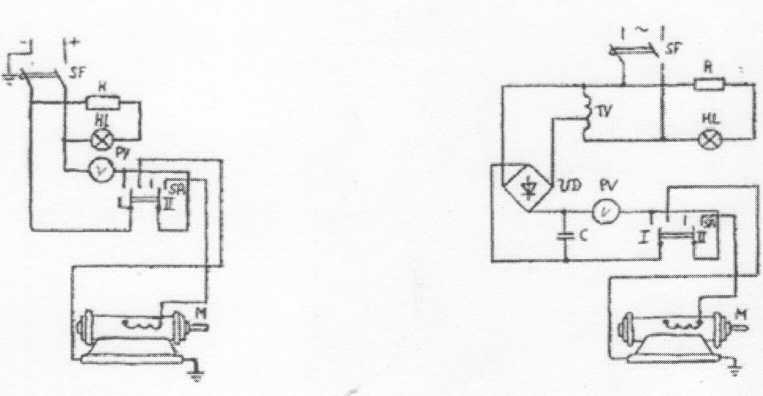
изоляции, измеренное при температуре 75°C, определяют по формуле (1.1):

 (1.1)

где Uном-номинальное линейное напряжение, В; Рном - номинальная мощность, кВт.

Для электродвигателей, у которых выведены концы и начала всех фаз, измерение сопротивления изоляции производят между каждой фазой и корпусом.

При измерении сопротивления изоляции каждой из электрических цепей все другие цепи должны быть соединены с корпусом машины. По окончании измерения сопротивления изоляции каждой электрически независимой цепи следует разрядить ее на заземленный корпус электродвигателя. Измерение сопротивления изоляции можно производить также сетевым мегаомметром и методом вольтметра. Схемы соединений при измерении сопротивления изоляции методом вольтметра при питании сетей постоянным и переменным током изображены на рисунках 1.1 и 1.2.



|  |  |
| --- | --- |
| Рисунок 1.1. Измерение сопротивления изоляции вольтметром при питании от сети постоянного тока | Рисунок 1.2. Измерение сопротивления изоляции вольтметром при питании от сети переменного тока |

Для получения большей точности измерений вольтметр выбирают с

большим собственным сопротивлением (30 000—50 000 Ом). Измерения производят на одном пределе вольтметра.

При измерении от электросети, один полюс которой может быть заземлен (рисунок 1.1), во избежание короткого замыкания следует подключать заземленный корпус электродвигателя таким образом, чтобы он оказался соединенным с заземленным полюсом сети.

При питании измерительной схемы от сети переменного тока (рисунок 1.2), если выпрямительный мост включен в сеть не непосредственно, а через трансформатор, отделяющий сеть переменного тока от цепи выпрямленного напряжения, заземленный корпус электродвигателя может быть присоединен к любому из зажимов выпрямительного моста.

Метод вольтметра основан на известном в электротехнике положении: напряжения на последовательно соединенных сопротивлениях распределяются пропорционально этим сопротивлениям. Так как для проведения испытаний могут использоваться двигатели различных типов и номинальных параметров, для подачи номинальных напряжений можно использовать лабораторный автотрансформатор. Для проведения испытаний необходимо включить автоматический выключатель SF, при этом загорается сигнальная лампа HL, что свидетельствует о наличии напряжения на схеме. При установке переключателя SAв положение I вольтметром PVизмеряется напряжение испытаний U1 В. После перевода переключателя в положение II измеряется показание вольтметра U2 В. Таким образом, падение напряжения в изоляции U1— U2, В. Так как в положении II переключателя SAсопротивление вольтметра RB(указанное на шкале вольтметра или приведенное в его паспорте) и измеряемое сопротивление изоляции Rиз, соединены последовательно, то падение напряжения в них распределяется прямо пропорционально значениям их сопротивлений:

Если сопротивление изоляции, вычисленное, но этой формуле, ниже 0,5Мом, то наименьшее допустимое значение принимают равным 0,5МОм. Для температур 10- 75 С наименьшее значение сопротивления изоляции обмоток машины определяют, умножая значения, полученные по формуле, на температурный коэффициент кт, значения которого приведены в таблице 1.3.

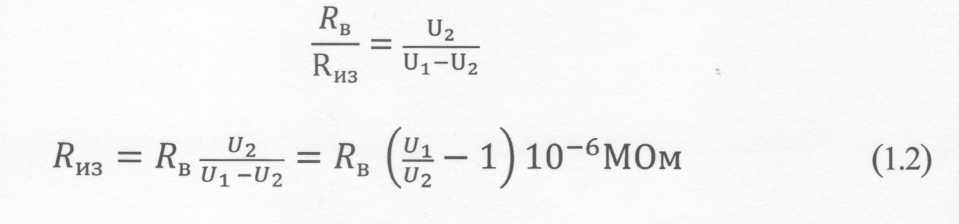
Таблица 1.3 Значения температурного коэффициента

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Температура, С | Кт | Температура, С | Кт |
| 10 | 9,4 | 50 | 2,4 |
| 20 | 6,7 | 60 | 1,7 |
| 30 | 4,7 | 70 | 1,2 |
| 40 | 3,4 | 75 | 1 |

При измерении сопротивления изоляции обмоток электродвигателей с номинальным напряжением до 500В включительно ГОСТ 11828-—75 рекомендует применять мегаомметр на 500В, а для электродвигателей напряжением выше 500В — мегаомметр на 1000 В. Ручку мегаомметра рекомендуется вращать равномерно с частотой около 150 об/мин. Измерение следует проводить при установившемся положении стрелки по истечении 60 с после начала вращения ручки мегаомметра.

Ход работы:

1. Собрать схему по рисунку 1.2, предварительно убедившись, что рукоятка лабораторного автотрансформатора выведена до отказа.
2. Включить автомат SFи убедиться в том, что на схему подано напряжение (загорание лампы HL).
3. Установить переключатель SAв положение I.
4. Поворотом рукоятки «ЛАТР» по часовой стрелке установить нужное напряжение (обычно номинальное напряжение двигателя) U1 на вольтметре PVи записать значение U1,В.
5. Установить переключатель SAв положение П.
6. Записать установившееся значение напряжения U2, В, на вольтметре.
7. Подсчитать сопротивления изоляции по формуле (1.2)



1. Сделать вывод о пригодности изоляции.
2. Составить отчет о работе.

Контрольные вопросы:

1. Какие материалы применяются для изоляции обмоток электродвигателей
2. Какие классы изоляции применяют в основном для обмотки

электродвигателей и какова их предельно допустимая температура?

1. Каково минимально допустимое значение сопротивления

изоляции для электродвигателей?

Лабораторная работа №2

ПРОВЕРКА ЦЕНТРОВКИ ВАЛОВ И  
ВОЗДУШНЫХ ЗАЗОРОВ В ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ

Цель работы:

Научиться определять воздушные зазоры между ротором и статором электродвигателя, детально изучить тренировочное упражнение по центровке валов электрических машин и механизмов с помощью центровочных скоб и других приспособлений.

В результате выполнения работы студент должен: знать - способы центровки валов;

уметь - определять воздушные зазоры и центрировать валы машин.

Ход работы:

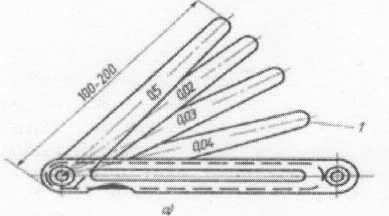
1. Ознакомиться со стендом и схемой его электроснабжения.
2. Произвести частичную разборку электродвигателя для определения воздушных зазоров в четырех точках по окружности статора, собрать двигатель.
3. Ослабить крепления электродвигателя на стенде, установить центровочные скобы на соединительных муфтах.
4. Выставить зазоры в центровочных скобах, затянуть болты крепления электродвигателя. При необходимости нужно под лапы электродвигателя подложить прокладки.
5. Снять центровочные скобы, произвести пробный пуск электродвигателя.

Если будет слышно биение валов, продолжить регулировку. До устранения биения.

Методические указания

Перед началом монтажа проводят проверки:

1. соответствия машины ее проектной документации;
2. комплектности машины и сохранности крепежных деталей;
3. появления возможных повреждений за время транспортировки и хранения путем предварительного осмотра после расконсервации;
4. состояния подшипников, коробки выводов, коллектора, кон­тактных колец, щеточного механизма и др.;
5. сопротивления изоляции обмоток, подшипников и щеточных траверс. Если сопротивление изоляции обмоток меньше минимально допустимого, проводят сушку обмоток;
6. воздушного зазора между статором и ротором, а также зазоров в подшипниках скольжения и уплотнений валов. Осуществляется с помощью пластинчатых (рисунок 2.1) и клиновых (рисунок 2.2) щупов. Проверка воздушного зазора возможна лишь для машин открытого и защищенного исполнений, поскольку она проводится без разборки машины;



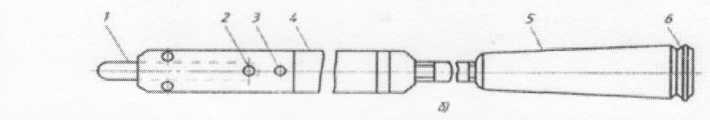


Рисунок 2.1. Пластинчатый щуп (а - раздвижной; б - со сменными  
пластинами)

1. - калиброванные пластины
2. - штифт
3. - винт
4. - накладка-прижим
5. - ручка
6. - пробка

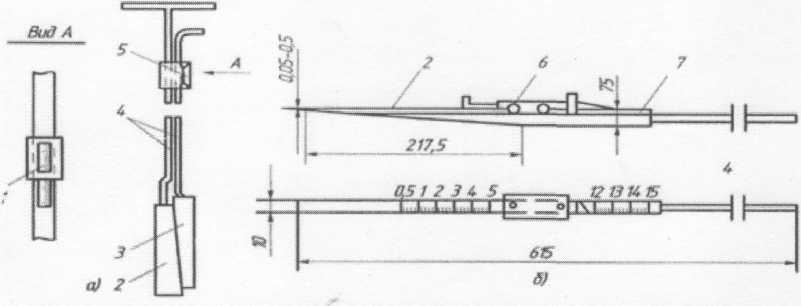


Рисунок 2.2. Специальный (а) и клиновой (б) щупы  
1 - нониус  
 2,3 - клинья

1. стержни
2. - обойма
3. - движок   
   7 - указатель
4. на отсутствие задевания ротора о статор. Ротор машины должен свободно вращаться в подшипниках при его повороте рукой (при мощности до 10... 15 кВт)

Машины небольшой мощности соединяются с приводным механизмом с помощью муфт различного типа и зубчатых, ременных или фрикционных передач. На рисунке 2.3 показаны наиболее часто встречающиеся типы муфт.

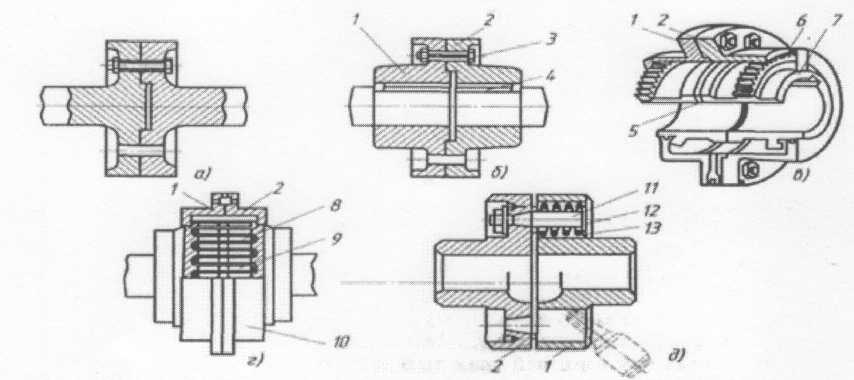


Рисунок 2.3 Соединение валов (а) и муфт (б - жесткое поперечно-  
свертное; в - зубчатое; г - полужесткое зубчато-пружинное; д - упругое  
втулочно-пальцевое)

1,2 - полумуфты

1. - точеный болт
2. - шпонка

5,7 - ступицы

6 - зубчатый венец

1. - ленточная пружина
2. - зубья
3. - кожух
4. - палец-болт
5. - кожаная шайба
6. - разрезное кольцо

При соединении с помощью муфт на концы валов соединяемых машин насаживают полумуфты, предварительно проверив цилиндричность и соответствие наружного диаметра конца вала машины и внутреннего диаметра полумуфты с помощью измерительных скоб (рисунок 2.4) и нутромеров (рисунок 2.5). Величина натяга при посадке указывается на чертеже, а сама посадка осуществляется в горячем состоянии.

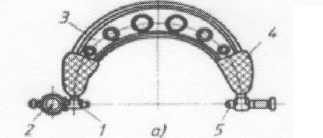
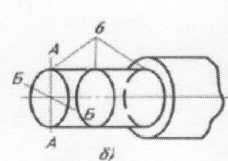
 

Рисунок 2.4. Скоба с отсчетным устройством (а) и определение  
посадочных размеров конца вала (б)

1,5 - подвижная и переставная пятки

1. - отсчетное устройство
2. - корпус
3. - теплоизоляционная накладка 6 - места измерений

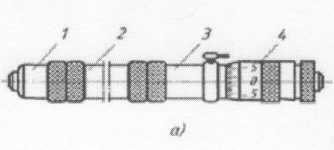
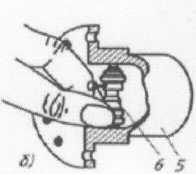
 

Рисунок 2.5. Микрометрическийнутрометр (а) и определение им  
посадочных размеров конца вала (б)

1. - измерительный наконечник
2. - удлинитель
3. - трубка
4. - микрометрическая головка
5. - полумуфта
6. - нутрометр

При установке валы сочленяемых машин могут иметь радиальное и угловое (осевое) смещение (рисунок 2.6), что повлечет за собой соот­ветствующее смещение полумуфт (рисунок 2.7). При работе агрегата это приведет к повышенным вибрациям и, следовательно, к быстрому износу подшипников, муфт и болтовых соединений. Поэтому сочленяемые машины должны быть установлены таким образом, чтобы торцевые поверхности полумуфт были параллельны, а оси валов соединяемой машины и механизма находились на одной линии.

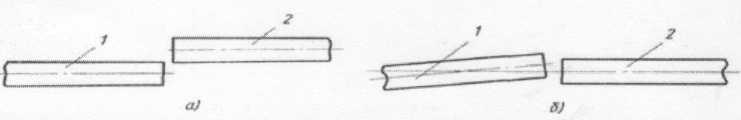
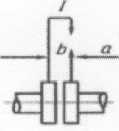
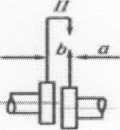


Рисунок 2.6. Смещение валов (а - радиальное, б - осевое)

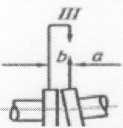
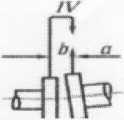
 

Рисунок 2.7 Взаимные положения валов машин, соединяемых с помощью  
полумуфт

I - валы расположены на одной прямой, их оси совпадают

II - оси валов параллельны

1. - центры валов совпадают, их оси расположены под углом
2. - центры валов сдвинуты, их оси расположены под углом

Для этого проводят центровку валов с помощью центровочных скоб различной конструкции. Некоторые из них приведены на рисунках 2.8 и 2.9. Контроль точности центровки осуществляется по величине радиальных *а* и осевых bзазоров в четырех точках, равномерно расположенных по окружности муфты, при совместном повороте соединяемых валов на угол 0,90,180 и 270°. После получения удовлетворительных отклонений (каждый тип муфт имеет свои допустимые отклонения в радиальных и осевых зазорах) окончательно закрепляют машину на фундаменте и после повторной проверки центровки валов соединяют полумуфты между собой.

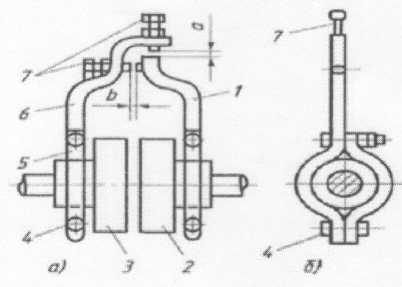


Рисунок 2.8 Центровка валов с помощью радиально-осевых скоб

1,6- внутренняя и наружная скобы   
2,3 - полумуфты

4,7 - болты   
5 - хомут

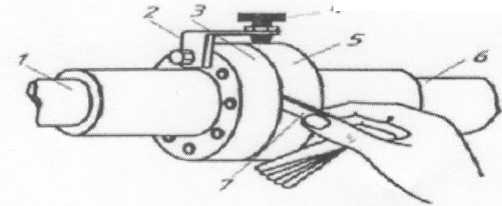


Рисунок 2.9. Центровка валов способом «обход одной точкой»

1,6 - валы

2 - скоба

3,5 - полу муфты

4 - измерительный болт

7 - щуп

При использовании цепной или ременной передачи необходимо совместить средние линии звездочек или шкивов, установленных на ведомом и ведущем валах, и обеспечить натяжение цепи или ремня. Средние линии звездочек и шкивов, как правило, совмещают с помощью натянутой параллельно им струны с использованием обычного измерительного инструмента. Для обеспечения требуемого натяжения машина должна иметь возможность перемещаться в плоскости, образованной осями вращения соединяемых машин. В ряде случаев для создания натяжения используются специальные натяжные ролики.

При использовании цилиндрической зубчатой передачи необхо­димо обеспечить параллельность валов соединяемых машин и одинаковый зазор между зубьями сопрягаемых шестерен по всей длине зуба. Допуск на несоосность валов в этом случае обычно не превышает 0,5°. Контроль несоосности проводится с помощью индикаторов.

После закрепления электрической машины на фундаменте ее корпус заземляется.

Контрольные вопросы:

1. Какие муфты применяются для соединения валов?
2. Для чего производят центровку валов?
3. В чем сущность методов центровки валов?
4. Как проверит биение полу муфт?
5. Какие инструменты и приспособления используют для центровки валов?

Лабораторная работа №3

ДЕФЕКТАЦИЯ И РЕМОНТ МАШИН  
ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы:

Изучить возможные повреждения обмоток машин постоянного тока и методы их обнаружения.

В результате выполнения работы студент должен:

знать - основные повреждения машин постоянного тока;

уметь - определять основные повреждения машин постоянного

тока и устранять их.

Методические указания по выполнению работы:

Различные повреждения машин постоянного тока можно обнаружить при помощи контрольной машины или мегомметра, методом милливольтметра, методом симметрии и при помощи электромагнита. Метод милливольтметра наиболее универсальный, так как он позволяет обнаружить наибольшее число повреждений по сравнению с другими методами. Для проверки якорей автотракторных генераторов и стартеров рекомендуется пользоваться прибором типа ППЯ.

*Дефектация обмоток якоря.* Обмотка якоря состоит из секций, имеющих один или несколько последовательно соединенных витков, представляет собой замкнутый контур. Концы секций впаяны в коллекторные пластины.

Если секции изготовлены из проводов одинакового Сечения, имеют одинаковое число витков, не имеют межвитковых замыканий и хорошо припаяны к коллекторным пластинам, то сопротивление всех секций будет одинаковым. Поэтому падения напряжения в секциях простых обмоток должны быть равными. На этом и основывается метод дефекации якоря при помощи милливольтметра (рисунок 3.1).

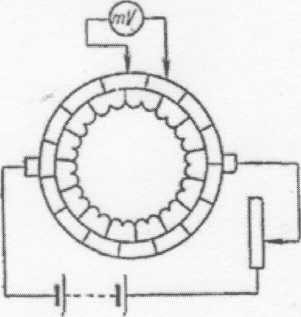


Рисунок 3.1.Схема определения дефектов обмотки якоря методом  
падения напряжения.

Если обмотка якоря петлевая, то измеряют падение напряжения в одной секции (рисунок 3.2 а), если обмотка волновая — в р секциях (рисунок 3.2 б).

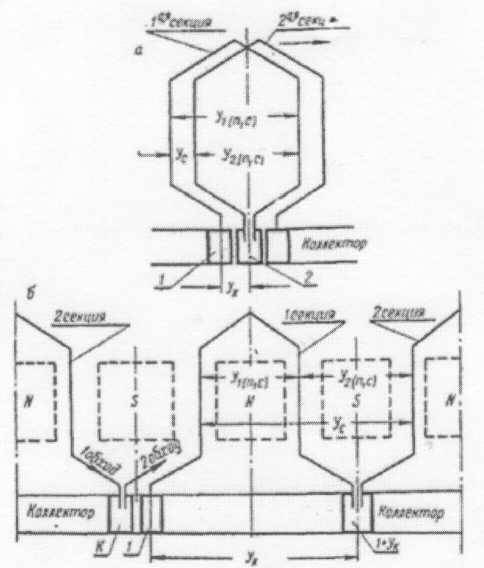


Рисунок 3.2 Секции обмоток якоря машины постоянного тока  
а - петлевая обмотка   
б - волновая обмотка

Ток к обмотке якоря подается по проводникам, которые накладывают на пластины коллектора на расстоянии друг от друга, равном примерно полюсному делению. Проводники удерживаются при помощи хомута, наложенного на коллектор. Питание к схеме подается от источника тока с постоянным напряжением (максимальное отклонение стрелки милливольтметра должно составлять 30—40% его шкалы).

Одинаковые показания милливольтметра на большинстве секций, принадлежащих одной параллельной ветви, свидетельствуют об исправности этих секций.

Пониженное показание милливольтметра по сравнению с нормальным между двумя соседними коллекторными пластинами указывает на уменьшенное сопротивление в секции, что возможно при витковом замыкании или загрязнении между коллекторными пластинами. Таким же образом могут быть обнаружены дефекты, возникшие по вине изготовителей или ремонтного предприятия:

а) уменьшенное число витков в секции;

б) увеличенное сечение провода, которым намотана секция. Замыкание одного-двух витков в многовитковой секции не всегда можно обнаружить методом милливольтметра. В этом случае нужно использовать метод электромагнита переменного тока. При этом, подключив питание к обмотке электромагнита и медленно поворачивая якорь, нужно проводить по окружности якоря тонкой стальной пластиной. Созданный электромагнитом переменный магнитный поток индуктирует э. д. с. в секциях якоря. При наличии виткового замыкания в короткозамкнутых контурах под действием э.д.с. потечет ток. Появление тока обнаруживают по притяжению стальной пластинки к пазу, в котором лежит неисправная секция. Этим методом можно обнаружить также присоединение секции к одной коллекторной пластине.

Метод электромагнита нельзя применять для обмоток с уравнительными соединениями.

Нулевое показание прибора между двумя соседними коллекторными пластинами может указывать на короткое замыкание секции на себя или замыкание между собой коллекторных пластин. Чтобы уточнить характер замыкания, необходимо отпаять концы секции от коллекторных пластин и проверить мегомметром, нет ли замыкания между проверяемыми пластинами.

Нулевое показание прибора на двух соседних парах коллекторных пластин (например 2— 3, 3—4) указывает на отрыв концов секций от коллекторной пластины (рисунок 3.3) или присоединение секции обоими концами к одной коллекторной пластине (рисунок 3.4). При отрыве концов секции от коллекторной пластины показание милливольтметра между пластинами 2 и 4 будет удвоено (рисунок 3.3).

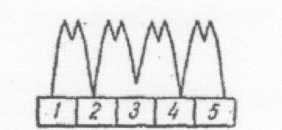
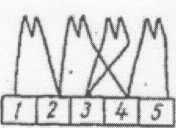
 

Рисунок 3.3. Обрыв спаянных начала и конца секции

Рисунок 3.4. Присоединение секции своими началом и концом к одной коллекторной пластине

Большее число нулевых показаний милливольтметра подряд при петлевой обмотке (рисунок 3.5) и на половине коллекторных пластин при волновой обмотке (рисунок 3.6) указывает на замыкание между двумя секциями, лежащими в одном пазу, но в разных слоях обмотки.

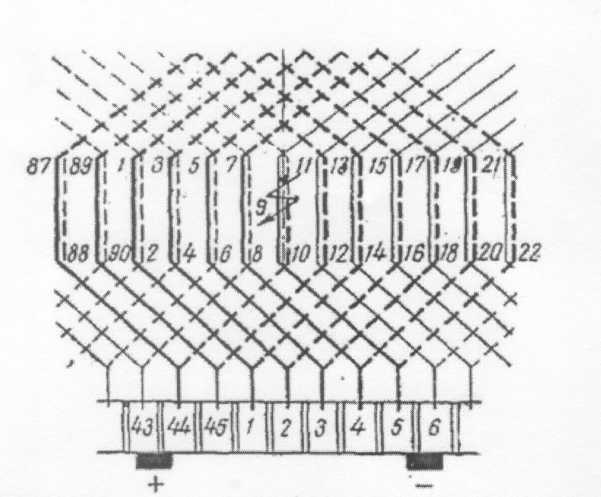


Рисунок 3.5 Замыкание между двумя секциями, лежащими в одном пазу в различных слоях (петлевая обмотка)

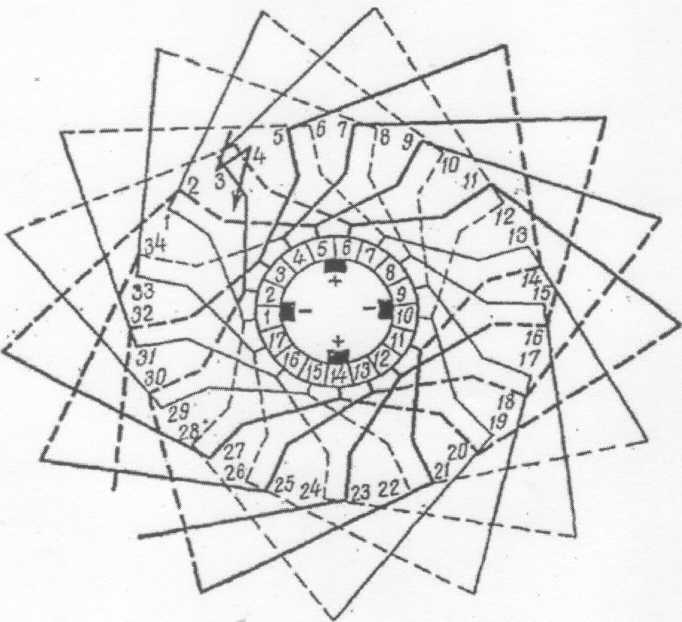


Рисунок 3.6. Замыкание между двумя секциями, лежащими в одном пазу в различных слоях (волновая обмотка)

При замыкании между слоями обмотки в лобовой части прибор тоже показывает нулевое или пониженное значение падения напряжения, но на меньшем числе секций; чем меньше секций замкнуто накоротко, тем дальше место замыкания от сердечника якоря.

Повышенное показание милливольтметра указывает на увеличение сопротивления в секции, которое может быть вызвано следующими причинами:

а) некачественной впайкой концов секции в коллекторные пластины;

б) увеличением числа витков в секции;

в) уменьшение сечения провода, которым намотана секция.

Пайка считается нормальной, если напряжения между соседними пластинами (при исправной обмотке якоря) отличаются друг от друга не более чем на 10% для машин небольшой мощности и на 5% для ответственных машин.

При обрыве в простой петлевой обмотке показания прибора равны нулю во всей проверяемой ветви, за исключением двух коллекторных пластин, к которым присоединена поврежденная секция. Присоединенный к этим пластинам милливольтметр окажется под полным подведенным напряжением. Поэтому при появлении большого числа нулевых показаний во избежание повреждения прибора опыт нужно проводить осторожно.

При обрыве в волновой обмотке наибольшее показание прибора будет на нескольких парах пластин, находящихся на расстоянии шага по коллектору (рисунок 3.7).

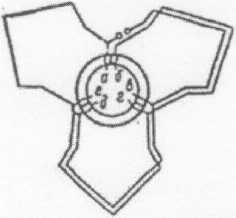


Рисунок 3.7 Обрыв в волновой обмотке якоря

Замыкание секции на корпус можно определить контрольной лампой или мегомметром. Замкнутую на корпус секцию можно отыскать при помощи милливольтметра (рисунок 3.8). При отсутствии замыкания падение напряжения между корпусом и коллекторной пластиной равно нулю. Если секция замкнулась на корпус, то с приближением щупа к поврежденной секции показания милливольтметра уменьшаются до минимума. При дальнейшем перемещении щупа в том же направлении показания прибора увеличиваются, но с противоположным знаком. При значительном удалении щупа от места повреждения прибор может оказаться под большим (опасным) напряжением, поэтому опыт необходимо проводить с осторожностью. Если есть одно замыкание на корпус, то при проверке всей обмотки получается еще одно минимальное или нулевое показание прибора в другой параллельной ветви (ложное замыкание). Это объясняется тем, что при питании якоря по двум параллельным ветвям получаются две точки с одинаковым потенциалом относительно точки питания и относительно корпуса аналогично диагонали уравновешенного моста (рисунок 3.8). Для определения истинного места замыкания на корпус необходимо сместить точки питания якоря. При этом ложное замыкание переместится на другую коллекторную пластину.

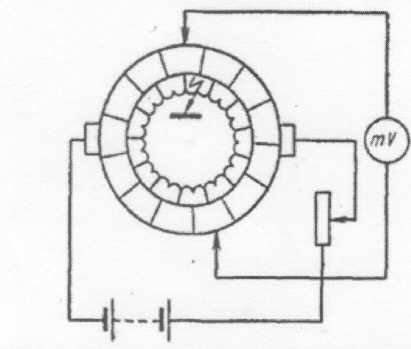


Рисунок 3.8 Схема определения замыкания секции.

Удвоенное показание милливольтметра на двух парах пластин (1—2 и 3—4, рисунок 3.9) и нормальное показание с отклонением стрелки в обратную сторону на промежуточных пластинах (2—3) указывают на дефект «двойной крест». «Простой крест» (рисунок 3.10) не может быть обнаружен методом милливольтметра. В этом случае ток нужно подводить щупами поочередно на каждую пару коллекторных пластин и компасом или намагниченной иглой проверять полярность секции. Изменение полярности указывает на дефект «простой крест».

Примечание. При испытании якорей по способу милливольтметра или электромагнита нужно внимательно следить за тем, чтобы на коллекторе не было заусениц, олова, медной пыли, могущих вызвать замыкание между пластинами.

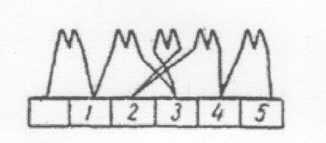
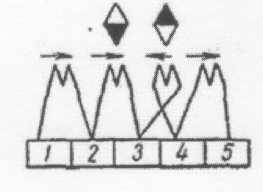
 

Рисунок 3.9. Двойной крест Рисунок 3.10. Простой крест

*Дефектация обмоток возбуждения.* При внешнем осмотре проверяют прочность крепления катушек к полюсам и полюсов к станине. Измеряют сопротивление изоляции между обмоткой и полюсом при помощи мегомметра.

Цельность обмотки проверяют лампочкой или мегомметром без разъединения катушек.

Состояние пайки проверяют методом симметрии падения напряжения на отдельных катушках. При этом к обмотке подводят номинальное напряжение и вольтметром измеряют падение напряжения на каждой катушке. Повышенное падение напряжения указывает на ослабление пайки.

Для обнаружения замыкания на корпус пользуются двумя способами:

1. без разъединения схемы обмотки подают на шунтовую обмотку номинальное напряжение (на сериесную и обмотку дополнительных полюсов — пониженное). Один конец вольтметра присоединяют к корпусу, а вторым касаются поочередно оголенных соединительных проводников между катушками. У замкнутой на корпус катушки показание вольтметра с обеих сторон наименьшее;
2. разъединив обмотки, поочередно проверяют мегомметром или лампочкой каждую катушку.

Витковое замыкание в катушках обнаруживают методом симметрии:

1. замеряют активное сопротивление катушек методом «вольтметра- амперметра». При отсутствии виткового замыкания сопротивления катушек одной обмотки одинаковы.
2. по обмотке пропускают постоянный ток и замеряют падение напряжения на катушках. Уменьшение падения напряжения на какой- нибудь катушке по сравнению с другими указывает на витковое замыкание или на уменьшение числа витков в этой катушке;
3. пропуская по обмотке переменный ток, можно обнаружить даже небольшое число короткозамкнутых витков в катушке. Для нее будут характерны заметное снижение напряжения и нагрев.

Правильное чередование полюсов можно проверить следующим образом:

1. если обмотки доступны и катушки выполнены наглядно или известно, что все катушки имеют одинаковое направление намотки и одинаковое расположение одноименных выводов, можно осмотром проследить направление тока в обмотке и по правилу буравчика определить полярность полюсов, задаваясь направлением тока;

б. проверяемую обмотку подключают на постоянное напряжение. Магнитную стрелку или намагниченную иглу подвешивают на тонкойнити и подносят к внутренней поверхности каждого полюса. При собранной машине магнитную стрелку подносят к головкам болтов, крепящих полюса к станине. Когда машина работает в режиме двигателя, полярность главных полюсов должна предшествовать полярности дополнительных полюсов по ходу вращения якоря (N, n, S, s), а в режиме генератора последовательность обратная.

Ход работы:

1. Измерить мегомметром сопротивление изоляции между обмоткой и корпусом. Пониженное сопротивление изоляции указывает на то, что обмотка увлажнена.
2. Пронумеровать все коллекторные пластины (в практике дефектные секции отмечают на коллекторных пластинах) и закрепить питающие проводники.
3. Щупами, соединенными с милливольтметром, измерить падение напряжения между каждой парой коллекторных пластин и записать показание приборов в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № коллекторной пластины | Падение напряжения, мВ | Неисправность |
| 1—2 |  |  |
| 2—3 |  |  |
| 3^ |  |  |
| 4—5 |  |  |
| • • • |  |  |

1. На основании полученных данных проанализировать неисправности обмотки якоря.
2. Провести дефектацию обмотки возбуждения, результаты записать в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  обмотки | № катушки | Схема или метод | Данные опыта | Дефект |
|  |  |  |  |  |

6. Оформить отчет.

Контрольные вопросы:

1.Что вы понимаете под повреждением и дефектом машины?

1. Какие вы знаете методы дефектации обмотки якоря машины постоянного тока?

З.Что означает нулевое показание милливольтметра на двух соседних парах коллекторных пластин?

1. Как обнаружить обрыв в обмотке якоря?
2. Как проверить качество пайки обмотки?
3. Как отыскать замкнутую на корпус секцию?
4. Как определить «двойной» и «простой кресты» в обмотке якоря?
5. Каковы основные методы дефектации обмотки возбуждения?
6. Как проверить правильность чередования главных и дополни тельных полюсов.

Лабораторная работа №4

ДЕФЕКТАЦИЯ И РЕМОНТ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Цель работы:

Освоить методику дефектации асинхронного двигателя.

В результате выполнения работы студент должен:

**знать -** основные повреждения асинхронных двигателей;

**уметь -** определять основные повреждения асинхронных

двигателей и устранять их.

Методические указания:

Дефектацию электрических машин перед ремонтом проводят для определения характера и объема ремонта. Принятую в ремонт машину тщательно осматривают и ставят на ней ремонтный номер, под которым она проходит весь цикл ремонта. Затем проводят испытания, позволяющие определить степень разборки машины для уточнения объема ремонтных работ. Все неисправности механических частей и обмотки записывают в специальную ведомость, которая служит основанием для выдачи нарядов на выполнение ремонтных работ, определения объема и стоимости ремонта. После окончания ремонта по ведомости дефектов уточняют объем послеремонтных испытаний. При дефектации асинхронного электродвигателя в собранном виде выполняют перечисленные ниже операции.

1. Осматривают электродвигатель, руководствуясь следующими соображениями:
2. станина и подшипниковые щиты считаются негодными, если они имеют трещины в посадочных местах. Трещины можно заваривать только в том случае, если это не вызовет деформации посадочных мест;
3. клеммная коробка должна быть прочно прикреплена к станине, клеммные болты хорошо закреплены и замаркированы.
4. Проверяют целостность обмотки, пользуясь контрольной лампой или мегомметром.
5. Измеряют сопротивление изоляции между фазами и относительно корпуса. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.
6. Если это возможно, машину включают на холостом ходу и проверяют работу подшипников (шум, нагрев), вентилятора, измеряют токи по фазам. Асимметрия фазных токов не должна превышать ±5%.

При дефектации разобранной машины выполняют следующие операции:

1. Проверяют состояние отдельных узлов и деталей. Крепежные детали заменяют, если они искривлены, имеют испорченную резьбу, головки болтов смяты и т.д. Подшипниковые щиты рассчитаны на плотную посадку в станину; посадка подшипника качения в щит плотная подшипниковая; посадка крышки подшипника в щит ходовая или широкоходовая; зазор между крышкой подшипника и валом должен быть 0,3—0,7мм. Посадка подшипника на вал напряженная подшипниковая.
2. Измеряют воздушный зазор между статором и ротором. При этом ротор укладывают в статор и при помощи щупа измеряют зазор между поверхностью ротора и расточкой статора в верхней части с одной и с другой стороны машины. Воздушный зазор равен половине измеренного расстояния. Измерение повторяют при повороте ротора на 180°. Полученный результат сравнивают с допустимым значением.
3. Подшипники качения заменяют, если обнаружены ощутимый люфт, нагар, шелушение беговых дорожек, трещины в обоймах.

Допустимые значения радиальных зазоров в подшипниках качения указаны в таблице 4.1.

Таблица 4.1

|  |  |
| --- | --- |
| Диаметр вала, мм | Радиальные зазоры (мм) в шариковых и роликовых подшипниках |
| 20—30 | од |
| 35—50 | 0,15 |
| 50—80 | 0,2 |
| 80—120 | 0,3 |

Перед проверкой подшипники тщательно промывают. Номер подшипника, вышедшего из строя, записывают в ведомость дефектов.

4. Подшипники скольжения считают годными, если нет трещин во втулке и вкладыше. Зазоры между подшипником скольжения и валом не должны превышать более чем на 25% зазоров, указанных в таблице 4.2.

Таблица 4.2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Диаметр вала, мм | Зазор (мм) при частоте вращения, об/мин | |
| менее 1000 | более 1000 |
| 18—30 | 0,04—0 09 | 0 06 0 12 |
| 31—50 | 0,05—0,12 | 0,07—0,14 |
| 51—80 | 0,06—0,13 | 0,09—0,17 |
| 81—120 | 0,08—0,16 | 0,12—0,21 |

1. Осматривают вал, обращая внимание на состояние посадочных поверхностей, шпоночной канавки, отсутствие искривлений. Вал считается годным, если в нем нет трещин, шейки его имеют строго цилиндрическую поверхность, конусность и овальность шеек подшипников скольжения не превышают 0,05мм. На посадочных поверхностях вала под подшипником качения допускаются небольшие вмятины общей площадью не более 4%, а на посадочной поверхности под шкив или муфту— не более 10%. Прогиб допускается до 0,1мм на метр его длины, но не более 0,2 мм по всей длине вала. Трещины вала заваривают, если глубина поперечных трещин превышает 10—15% диаметра вала, а продольных—10% общей длины вала.
2. Проверяют плотность посадки вентилятора на вал и его состояние. Вентилятор считается годным, если лопасти его прочно закреплены и он плотно посажен на валу. Биение вентилятора в осевом и радиальном на правлениях не должно превышать 0,3% от наружного диаметра вентилятора.
3. Осматривают пакет активной стали статора. Пакет стали не должен иметь смещения, вмятин, ослабления, прессовки листов железа, распушившихся зубцов прогара.
4. Короткозамкнутый ротор должен быть плотно посажен на вал и не иметь трещин и разрывов в стержнях и коротко замыкающих кольцах.

Для проверки можно использовать метод электромагнита (с амперметром, со стальной пластиной или железными опилками). Ротор следует уложить на электромагнит (или наоборот), к обмотке которого подведено переменное напряжение, как это показано на рисунке 4.1.

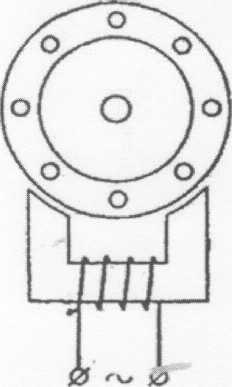


Рисунок 4.1. Схема определения обрыва стержней ротора  
при помощи электромагнита

При проверке целостности стержней способом электромагнита со стальной пластиной ее следует накладывать на каждый паз. Если пластина не притягивается к пазу, значит, в этом пазу обрыв стержня.

1. Износ колец фазового ротора не должен превышать 50% первоначальной толщины. Наименьшая допустимая толщина колец в радиальном направлении не должна быть менее 5 мм. Замыкание контактных колец на корпус или между собой можно определить контрольной лампой или мегомметром.
2. Определяют дефекты обмотки статора. Замыкание обмотки статора на корпус и между фазами можно определить при помощи контрольной лампы или мегомметра.
3. Не разрывая соединений между катушками, но, очистив их от изоляции, можно определить места повреждения методом падения напряжения. На поврежденную фазу при этом нужно подать напряжение 6—9В постоянного тока. Милливольтметром измерить падения напряжения между каждым концом катушечной группы и корпусом, а также между катушечными группами разных фаз. Падение напряжения в месте повреждения будет минимальным.
4. Плохой контакт в схеме обмотки статора можно определить измерением сопротивления отдельных фаз постоянному току методом вольтметра—амперметра. Измеренные сопротивления должны отличаться друг от друга не более чем на 5%.
5. Витковое замыкание в обмотке статора можно определить методом электромагнита. Стальная пластинка будет притягиваться к зубцам под пазом, в котором лежит сторона неисправной катушки. Пластина будет также притягиваться над пазом, лежащим на расстоянии шага от паза с неисправной катушкой (рисунок 4.2).

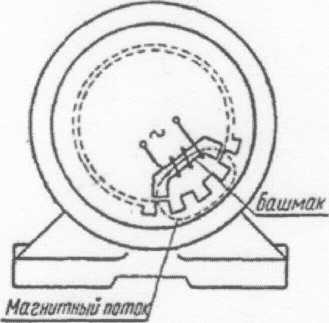


Рисунок 4.2. Схема определения викового замыкания обмотки статора  
при помощи электромагнита

Витковые замыкания в обмотке статора можно также определять при помощи специальных приборов типа ЕЛ и ПДО.

Дефекацию обмоток фазовых роторов проводят аналогично.

1. Для проведения ремонта обмоток необходимо записать обмоточные данные: тип обмотки, число пазов статора N, число полюсов 2р (скорость, частота вращения), число катушек в катушечной группе (число пазов на полюс и фазу q), шаг обмотки у, число витков в катушке, диаметр и марку обмоточного провода, размер вылета лобовых частей, конструкцию пазовой и междуфазной изоляции. Нарисовать схему обмотки.
2. Если есть необходимость изготовить какую-либо деталь вновь, нужно вычертить эскиз по имеющимся образцам и приложить его к ведомости дефектов.

Ход работы:

1. Осмотреть электродвигатель и записать его паспортные данные.
2. Провести дефектацию электродвигателя до разборки.
3. Разобрать электродвигатель.
4. Провести дефектацию двигателя после разборки.
5. Записать обмоточные данные и вычертить схему обмотки.
6. Вычертить эскизы недостающих или неисправных деталей.
7. Оформить отчет.

Контрольные вопросы:

1 .Каково назначение ведомости дефектов?

1. Какие неисправности выявляются в двигателе до разборки и

после нее?

1. Как провести дефекацию короткозамкнутого ротора?
2. Как можно определить витковое замыкание в обмотке

статора?

1. Каково назначение дополнительной пропитки и сушки обмоток, не подлежащих капитальному ремонту?

Практическая работа №1

ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТА ЭЛЕКТРОМАШИН, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ И ЧИСЛЕННОСТИ РАБОЧИХ

Цель работы:

Научиться производить расчет по планированию ремонтов электрических машин.

В результате выполнения работы студент должен:

знать-методику расчета межремонтных циклов;

уметь - определять продолжительность ремонтных циклов

электрических машин и рассчитывать трудоемкость ремонта.

Ход работы:

1. Определить продолжительность ремонтного цикла и межремонтного периода для электромашин цеха (по заданию преподавателя).
2. Определить трудоемкость капитального ремонта электрической машины.

Методические указания.

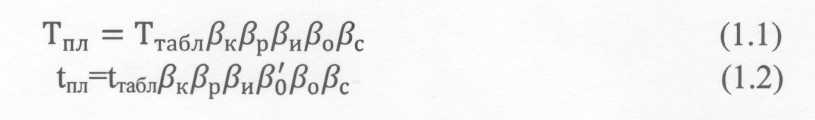
При планировании структуры ремонтного цикла, под которой понимаются виды и последовательность чередования плановых ремонтов, исходят из длительности ремонтного цикла. Период времени между двумя плановыми капитальными ремонтами Тпл определяется продолжительностью ремонтного цикла Тта6л. В свою очередь Тта6л определяется при нормальных условиях эксплуатации при двухсменной работе электрических машин. Значения Тта6л для ряда характерных производств приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условия работы электрических машин | Ттабл  лет | Ттабл.  мес. |
| Сухие помещения (Кс=0,25) | 12 | 12 |
| Горячие, гальванические и химические цеха (Кс=0,45) | 4 | 6 |
| Загрязненные цеха - деревообработки, сухой шлифовки и т.п. (Кс= 0,25) | 6 | 8 |
| Длительные циклы непрерывной работы с большой нагрузкой - приводы насосов, компрессоров и т.д. (Кс=0,75) | 9 | 9 |

В промежутке времени между двумя капитальными ремонтами проводят несколько текущих. Период времени между двумя плановыми текущими ремонтами tплопределяется продолжительностью межремонтного периода tтабл, значения которого также приведены в таблице 1.1.

Плановая продолжительность работы между двумя капитальными и текущими ремонтами определяется по следующим формулам:

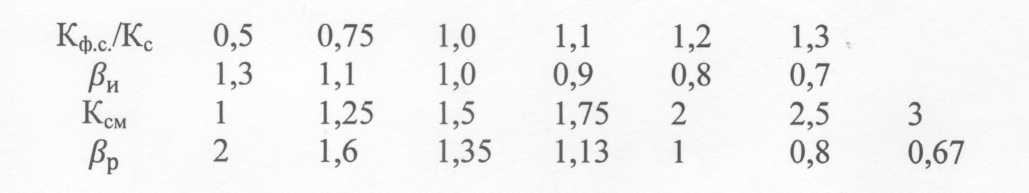


где βк=0,75 для коллекторных машин и 1,0 для остальных машин; βр- коэффициент, учитывающий сменность работы машины, он определяется числом смен Ксм;

βи - коэффициент использования в зависимости от отношения коэффициента фактического спроса к нормируемому Кф.с./Кс; βо=β'0=1,0 для электрических машин, отнесенных к вспомогательному оборудованию, для машин основного оборудования βо=0,85 и β'0=0,7;

βс =1,0 для электрических машин, установленных на стационарных установках, а для машин передвижных электрических установок βс=0,6.

Ниже приведены значения коэффициентов βии βр:



Под коэффициентом спроса Кс понимается отношение максимальной нагрузки предприятия (цеха, отдельного производства) Рmax к суммарной установленной на нем мощности электроприемниковРу(электродвигатели, электротехнологические процессы, освещение и др.). Под Рmax понимается получасовой максимум нагрузки предприятия, заложенный в его технический проект и заявляемый предприятием при составлении договора с энергоснабжающей организацией. По значению Рmax определяется, в частности, необходимая суммарная мощность связывающих его с электрической системой трансформаторов. Таким образом

Кc= Рmах/ Ру  (1.3)

Реальная нагрузка предприятия может отличаться от расчетной, также как и суммарная мощность установленных на нем приемников электрической энергии. Поэтому наряду с коэффициентом Кс вводится коэффициент фактического спроса Кф,с, который определяется опытным путем по фактическому среднечасовому максимуму нагрузки Рфmах и фактической установленной мощности электроприемниковРфу:

Кф,с=Рфmax/Pфу (1.4)

Коэффициент фактического спроса может существенно отличаться от первоначально принятого. Чем больше Кф.с, тем больше средняя нагрузка электрических машин, установленных на предприятии.

По указанной методике для каждой электрической машины, установленной на предприятии, можно рассчитать промежуток времени между капитальными и текущими ремонтами и составить календарный график проведения этих ремонтов, согласовав его с графиком ремонтов основного технологического оборудования. На базе графиков ремонта по отдельным участкам и цехам составляется сводный график ремонта электрических машин по предприятию в целом.

Пример расчета.

Определить продолжительность ремонтного цикла и межремонтного периода для асинхронного рольгангового двигателя с короткозамкнутым ротором, который установлен на прокатном стане металлургического завода, имеет трехсменный график работы (непрерывное производство) и коэффициент фактического спроса, равный 0,6.

Для горячих цехов Ттабл=4 года, tтабл= 6 месяцев при Кс=0,45. Далее определяем значение соответствующих коэффициентов: βк =1 (у

двигателя отсутствует коллектор); βр=0,67 при Ксм=3; βи=0,7 (для Кф.с./Кс=0,6/0,45=1,33); βо=0,85; β0'=0,7 (двигатель относится к основному оборудованию); βc=1 (установка стационарная). Тогда в соответствии с формулами (1.1) и (1.2) рассчитываем время между двумя капитальными Тпл и текущими tnjlремонтами:

Тпл=4,0\*1,0\*0,67\*0,7\*0,85\*1,0=1,6 (года) tпл=6,0\* 1,0\*0,67\*0,7\*0,7\* 1,0=2 (месяца).

Срок 2 месяца соответствует 0,167 года, поэтому между двумя капитальными ремонтами двигатель должен пройти 8 текущих (Тпл/ tПЛ= 1,6/0,167=9, но поскольку очередной капитальный ремонт совпадает с

текущим, то последний текущий ремонт заменяется на очередной капитальный).

Контрольные вопросы:

1. Что называют продолжительностью ремонтного цикла?
2. Что понимают под коэффициентом спроса?
3. Что понимают под коэффициентом фактического спроса?
4. На какие группы делятся электромашины находящиеся в эксплуатации предприятия?
5. Расшифруйте понятие «условная единица ремонта».

Лабораторная работа №5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ И  
КОЛИЧЕСТВА РАБОЧИХ И ИТР НА РЕМОНТ  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Цель работы:

Научиться производить расчет трудоемкости ремонта и определять численность ремонтного персонала для ремонта электрооборудования цеха.

В результате выполнения работы студент должен:

знать - методику расчета трудоемкости ремонта;

уметь - определять численность ремонтного персонала.

Ход работы:

1. Определить трудоемкость ремонта электрооборудования и количество рабочей силы, необходимой для ремонта электрооборудования конкретного предприятия или цеха (по заданию преподавателя).

Методические указания.

Для планирования производства и определения годовой программы ремонтного предприятия необходимо иметь сведения о количестве, мощности, режимах и условиях работы электрического и электромеханического оборудования, которое установлено на обслуживаемых этим предприятием производствах. Следует учитывать также возможное развитие (расширение) обслуживаемых производств на срок 5...7 лет.

Все электрические машины, находящиеся в эксплуатации, раз­деляются на группы в зависимости от типа (асинхронные, синхронные, постоянного тока), мощности (малой — до 1,1 кВт, средней — до 100 ...400 кВт, большой — свыше 400 кВт), уровня напряжения (низковольтные — до 1 кВ, высоковольтные — свыше 1 кВ), конструктивного исполнения и длительности межремонтного периода. При наличии указанных сведений по номенклатуре электрических машин, подлежащих ремонту, годовая производительность электроремонтного предприятия в единицах продукции определяется по формуле



где A1,A2,...,An- количество электрических машин в каждой группе;   
Т1, Т2,...., Тn- средняя длительность ремонтного цикла для

каждой группы машин, лет:

t1,t2,...,tn- средняя длительность межремонтного периода для этих групп, лет;

Кр =1,3... 1,6 - коэффициент, учитывающий развитие обслуживаемых производств и возможные случайные отказы.

Если текущие ремонты проводятся силами предприятия, на котором эксплуатируются электрические машины, то из формулы (5.1) следует исключить вторую составляющую в круглых скобках, определяя годовую производительность только по капитальным ремонтам.

Таким образом, число проходящих ежегодно ремонт в каждой группе электрических машин можно найти соответственно по формулам



Нормативное время ремонта зависит от типа электрической машины, частоты вращения, напряжения и вида ремонта. Для низковольтных асинхронных двигателей (менее 1000 В) с коротко- замкнутой обмоткой ротора мощностью до 630 кВт и частотой вращения 1500 об/мин ремонтные заводы электротехнической промышленности используются нормы трудоемкости ремонта, приведенные в таблице 5.1.

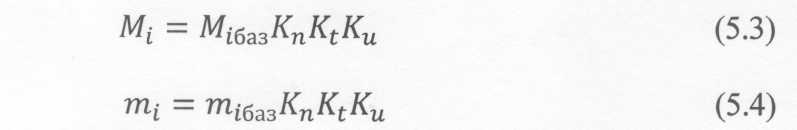
Таблица 5.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность  5  кВт | Нормы трудоемкости ремонта, чел.ч | | Мощность  кВт | Нормы трудоемкости ремонта, чел.ч | |
| Капитальный | Текущий | Капитальный | Текущий |
| До 0,8 | 11 | 2 | 56...75 | 69 | 15 |
| 0,8... 1,5 | 12 | 2 | 76...100 | 85 | 18 |
| 1,6...3,0 | 13 | 3 | 101...125 | ПО | 22 |
| 3,1-5,5 | 15 | 3 | 126...160 | 130 | 27 |
| 5,6...10,0 | 20 | 4 | 161...200 | 140 | 30 |
| 11. ..17 | 27 | 6 | 201...250 | 155 | 33 |
| 18...22 | 32 | 7 | 251...320 | 175 | 36 |
| 23...30 | 40 | 8 | 321...400 | 195 | 40 |
| 31...40 | 47 | 10 | 401...500 | 225 | 44 |
| 41...55 | 55 | 12 | 501...630 | 260 | 52 |

Для расчета трудоемкости ремонта других электрических машин вводятся дополнительные коэффициенты трудоемкости: Кn-для скоростей, отличных от 1500 об/мин; Кu-для напряжения питания свыше 1000 В; Кt-для других типов машин. Ниже приведены значения этих коэффициентов:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n, об\мин | 3000 | 1500 | 1000 | 750 | 600 | 500 |
| Кn | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,5 |
| Тип машины | I |  | II |  | III |  |
| Kt | 1,8 |  | 1,2 |  | 1,3 |  |
| Напряжение, В | от 1000 до 3300 | | свыше 3300 до 6600 | | |  |
| **кu** |  | 1,7 |  |  | 2,1 |  |

Поэтому трудоемкость капитального М и текущего m ремонтов электрической машины мощностью *i*можно определить по формулам



где Мiбаз , *mi6a3 -* трудоемкость соответственно капитального и текущего ремонтов базового асинхронного двигателя;

*KnKtKu-*коэффициенты трудоемкости.

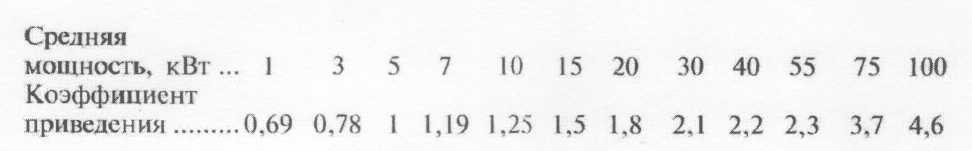
На практике нашла применение и укрупненная методика расчета, суть которой состоит в следующем. Вводится понятие условной единицы ремонта, за которую принимают трудоемкость ремонта одного асинхронного двигателя с короткозамкнутой обмоткой ротора мощностью 5 кВт, напряжением 220/380 В, со скоростью 1500 об/мин, имеющем степень защиты IP23. При отсутствии точных данных по структуре электродвигателей их количество определяется по числу установленных на предприятии станков. Для перехода к условным ремонтным единицам *R*(к условным двигателям мощностью 5 кВт) ко­личество станков *п* умножают на коэффициент *Ктип :*

*R=пКТИП* (5.5)

где Ктип=2,8...3,2 (для автомобильных заводов); 3,5...4,5 (для заводов тяжелого машиностроения); 3,0...3,2 (для подшипниковых заводов и заводов электротехнической промышленности); 3,0...3,5 (для станкоинструментальных заводов); 3,3...4,3 (для заводов строительного, дорожного и коммунального машиностроения).

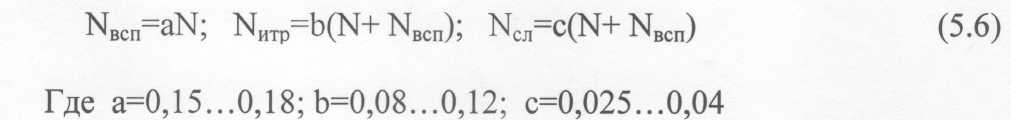
Суммируя число условных ремонтных единиц на обслуживаемых предприятиях, получают ∑R. Далее определяют продолжительность ремонтного цикла и межремонтного периода в зависимости от характера производства и годовую трудоемкость (5.3) и число производственных рабочих ремонтного предприятия N=TP/Ф( Ф- годовой фонд времени одного рабочего, равный при 41-часовой рабочей неделе 1860ч (отпуск 15 дне), 1840ч (отпуск 18 дней), 1820 ч (отпуск 24 дня).

Если известна средняя мощность установленных двигателей и она отличается от 5 кВт, то приведение к условным ремонтным единицам осуществляют с помощью коэффициентов приведения:



Рассчитанную по такой укрупненной методике трудоемкость ремонта обычно увеличивают на 30% для учета имеющихся на предприятии электрических двигателей, установленных на вспо­могательном оборудовании.

По известному количеству основных рабочих Nопределяют число вспомогательных рабочих Nвсп; инженерно-технических работников Nитр, служащих и младшего обслуживающего персонала Nсл:



Примерное распределение основных рабочих электроремонтного предприятия по профессиям определяется трудоемкостью соот­ветствующей группы работ по ремонту. В таблице 5.2. представлен результат расчета трудоемкости капитального ремонта асинхронного двигателя с коротко замкнутым ротором мощностью 30кВт, 1500 об/мин.

Таблица 5.2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виды работ | Трудоемкость | |
| Чел.ч. | % |
| Очистка двигателя | 0,4 | 1,0 |
| Разработка, снятие подшипников, мойка узлов и деталей, | 4,0 | 10,0 |
| дефектовка |  |  |
| Механическая обработка и сварочные работы | 5,6 | 14,0 |
| Удаление обмотки статора, чистка пазов статора, | 3,0 | 7,5 |
| Восстановление посадочных мест, напрессовка | 1,0 | 2,5 |
| подшипников |  |  |
| Балансировка ротора | 1,0 | 2,5 |
| Изготовление и укладка обмотки, формовка и | 18,0 | 45,0 |
| бандажировка лобовых частей, пайка и изолировка схемы |  |  |
| Пропитка и сушка обмотки | 2,0 | 5,0 |
| Сборка двигателя | 3,7 | 9,25 |
| Нанесение гальванических покрытий, окраска двигателя | 1,3 | 3,25 |
| Итого: | 40 | 100 |

В соответствии с приведенной трудоемкостью отдельных видов работ распределение основных рабочих по профессиям выглядит следующим образом: электрообомотчики - 40%, электрослесари - 37%, электромонтеры испытательной станции -3%, станочники 5%, пропитчики - 4%, остальные - 11%.

Контрольные вопросы:

1. Расшифруйте понятие «условная единица ремонта».
2. Расшифруйте понятие «годовой фонд времени рабочего».
3. По каким критериям определяют численность вспомогательных рабочих, ИТР, служащих и младшего обслуживающего персонала?
4. От чего зависит распределение основных рабочих по профессиям?
5. Структура ремонтного предприятия по ремонту электрооборудования, электромашин и ПЗА.

Практическая работа №2

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ СУШКИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И ТРАНСФОРМАТОРОВ

Цель работы:

Изучить способы сушки обмоток электромашин и трансформаторов разными способами при неудовлетворительном сопротивлении изоляции обмоток.

В результате выполнения работы студент должен:

знать - способы сушки обмоток;

уметь - определять необходимость сушки обмоток.

Ход работы:

1. Изучить и законспектировать методы сушки
2. Провести сравнительный анализ методов сушки, выявив их достоинства и недостатки.

Теоретические сведения

Все виды сушки преследуют одну цель - привести изоляцию в состояние, отвечающее требованиям и нормам.

Сушка электрических машин должна обязательно производиться при неудовлетворительных характеристиках изоляционных материалов, которые указывают на недопустимую степень увлажненности изоляции. Как правило, сушка производится до установки машины. Сушка машин перед пуском производится в том случае, если машина после установки или в период хранения находилась в помещении, где изоляция увлажнилась, и измерения изоляционных характеристик перед пуском показывают на увлажненность изоляции.

Обмотки машин перед сушкой должны быть очищены от загрязнений и осевшей пыли, продуты сухим и чистым воздухом давлением не выше 2 кгс/см2 (0,2МПа). Если вода продолжительное время воздействует на обмотки двигателя, то измерения и испытания, связанные с подачей напряжения, должны производиться после контрольного прогрева и подсушки путем внешнего нагрева. Осуществлять сушку пропусканием тока через обмотки допускается в том случае, если сопротивление изоляции обмоток статора машин переменного тока и обмотки якоря машин постоянного тока не менее 5 кОм, а сопротивление изоляции обмоток ротора машин переменного тока и обмоток возбуждения машин постоянного тока не менее 20 кОм.

Перед проведением сушки корпус машины должен быть обязательно заземлен. В период подготовки к сушке необходимо предусмотреть возможность выполнения измерений, поэтому необходимо вывести концы обмоток в удобное для измерений место, изолировать их, установить термометры и температурные индикаторы. В процессе сушки измеряют сопротивление изоляции, температуру обмоток, активной стали и окружающего воздуха. Во избежание потерь теплоты машина должна быть закрыта.

В период подготовки к сушке проводят необходимые противопожарные мероприятия: место проведения сушки обеспечивают средствами пожаротушения, водоснабжения. В помещении не должны храниться горючесмазочные материалы.

В процессе сушки следует постоянно контролировать температуру обмоток и стали частей электрических машин. Максимальная температура в наиболее нагретом месте обмотки или стали при нагреве током не должна превышать 80°С при измерении термометрами, 100°С при измерении методом сопротивления, 90°С при измерении встроенными и заложенными температурными индикаторами и 100°С при измерении термометром при сушке методом внешнего нагрева.

Скорость достижения установившейся температуры не должна превышать 4-5°С/ч. Для ограничения резкого повышения температуры своевременно снижают ток или периодически отключают источник питания. До достижения установившейся температуры делается запись один раз в час, с момента достижения установившейся температуры - один раз в 2 часа.

Сушка прекращается после того, как сопротивление изоляции будет держаться при постоянной температуре практически неизменным в течении 3-5 ч. Сушка считается законченной при условиях: R60"и R60"/ R15„имеют установившееся значение в течение 3-5 ч и значения их - не менее допустимых.

Бумажно-масляная изоляция в трансформаторах рассчитана на надежную работу лишь при условии ее высоких изоляционных свойств - сопротивления, электрической прочности, емкости и малых диэлектрических потерь. Эти факторы прежде всего зависят от степени увлажненности изоляции. Благодаря своей капиллярной структуре бумажная изоляция весьма гигроскопична. Немного менее гигроскопично трансформаторное масло. Поэтому, находясь на воздухе, активная часть, даже пропитанная маслом, увлажняется. Кроме того, у старых трансформаторов без воздухосушителей изоляция увлажняется и в

процессе длительной эксплуатации. Даже изоляция вновь изготовленных обмоток имеет повышенную влажность.

Термодинамический процесс сушки заключается в том, что изоляция нагревается и влага перемещается из ее внутренних пор к поверхности, а затем в окружающую среду. Чем выше температура нагрева изоляции, тем больше разница между парциальными давлениями в соседних слоях изоляции и тем интенсивнее сушка, поэтому изоляцию нагревают до температуры 100-105°С. В то же время эффективно снижать давление в окружающем пространстве, т.е. создавать вакуум.

Способы сушки электрических машин

1. Внешний нагрев.

Этим методом рекомендуется производить сушку всех электрических машин и обязательно сильно отсыревших. Для нагрева применяются тепловоздуходувки, нагревательные сопротивления (для машин малой мощности - сушильные шкафы). Для электрических машин с замкнутой системой вентиляции нагреватели размещают в вентиляционной камере и температуру горячего воздуха, поступающего в машину, регулируют выключением нагревателей. Мощность (кВт) нагревательных элементов тепловоздуходувки определяют по формуле

P=0.07QC(t2-t1)

где Q- количество воздуха, прогоняемого вентилятором через камеру,м2/мин;

С - теплоемкость воздуха, равная 0.273 ккал/кг (1.14 кДж/кг);

t1- температура окружающего воздуха, °C;

t2- температура горячего воздуха, °C (принимается примерно

равной 90°С).

Количество воздуха, прогоняемого в 1 мин через камеру, принимают равным 1.5QH, где QH- объем камеры, м3.

При ориентировочных расчетах мощность нагревательных элементов тепловоздуходувок можно принимать: для электрических машин мощностью до 500 кВт - 3.5%; для электрических машин 500 — 1000 кВт - 1.5-3% мощности машины.

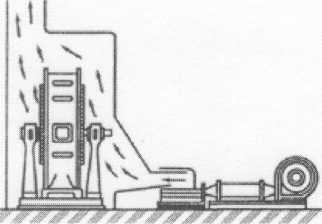


Рисунок 2.1. Сушка электрической машины непосредственным нагревом теплым воздухом.

1. Сушка инфракрасными лучами.

Этот метод также рекомендуется для всех электрических машин и обязателен для сильно отсыревших. В качестве источника инфракрасных лучей применяют зеркальные лампы накаливания. Электродвигатель должен находиться от лампы на расстоянии 20-40 см. Лампы для равномерного прогрева желательно располагать в шахматном порядке с расстояниями между осями ламп 20-30 см. По мере возрастания температуры часть ламп отключается. Как правило, мощность применяемых ламп 250 или 500 Вт. Для сушки электрических машин общая мощность ламп колеблется в пределах 5-15 кВт.

1. Метод индукционных потерь мощности в стали статора с использованием вала в качестве намагничивающего витка.

Этот метод рекомендуется для всех электрических машин, у которых изолированы подшипники или есть возможность их изолировать.

Через вал пропускается ток от сварочного трансформатора (или нескольких параллельно включенных). Вторичный ток может регулироваться реактором сварочного трансформатора. Необходимые параметры трансформатора U=15÷50В, ток - до 1000 А. Возможно использование силовых трансформаторов 6000/400 В при подключении к стороне высшего напряжения 400 В и получении на стороне низшего напряжения 24 В.

1. Метод индукционных потерь мощности в активной стали статора с помощью специальной намагничивающей обмотки.

Этот метод рекомендуется для электрических машин, поступивших в разобранном состоянии или прошедших разборку при ревизии. При этом методе нагревание происходит за счет создания в стали статора переменного магнитного потока путем наматывания на статор специальной намагничивающей обмотки из изолированного провода. Обмотка питается однофазным током. Сушка электродвигателя должна производиться при вынутом роторе. Намагничивающие витки изолируются от стали статора асбестом или электрокартоном. Нагрузку на провода выбирают в пределах 0.5-0.7 допустимой. Регулирование температуры производится периодически включениями и отключениями намагничивающей обмотки или переключением числа витков. При использовании этого метода лобовые части обмотки подогревают тепловоздуходувкой. Ротор машины подсушивают постоянным током.

Подводимое напряжение выбирают 380 В или 220 В. Провода и кабели для намагничивающей обмотки не должны иметь металлической оболочки. Нагрузку на провод принимают равной 50-70% допустимой.

Этот метод непригоден для сушки машин мощностью менее 150- 220 кВт, так как вследствие малого сечения активной стали требуется очень большое количество витков.

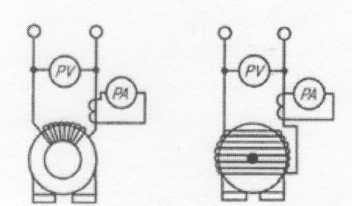


Рисунок 2.2. Включение электрических машин при сушке индукционным способом

1. Метод потерь на вихревые токи в статоре машин переменного тока или в станине электрических машин постоянного тока.

Этот метод применяется для электрических машин малой и средней мощности с щитовыми подшипниками. Намагничивающая обмотка из изолированных проводов наматывается по наружной поверхности станины электрической машины. Вследствие создания вихревых токов станина нагревается. В качестве источников питания наиболее удобными являются сварочные трансформаторы, позволяющие регулировать ток. Возможно последовательное подключение нескольких машин. Нагрузку на провод выбирают 0.5-0.7 от допустимой.

Этот способ малопригоден для сушки крупных электрических машин, так как требует большой мощности и большого числа витков.

1. Сушка от постороннего источника постоянного (переменного) тока.

Сушка постоянным током производится при заторможенном роторе и рекомендуется для машин переменного тока, а также для обмоток возбуждения машин постоянного тока. Если выведены все шесть концов обмотки, ток пропускается последовательно через обмотки всех фаз. Если выведены только три конца обмотки, то обмотки соединяются: две параллельно и последовательно с третьей либо две последовательно и параллельно с третьей; с переключением фаз каждый час. Отключение производят постепенным снижением подводимого напряжения. Обмотка ротора высыхает и не требует дополнительной сушки.

Ток сушки поддерживается в пределах 0.4-0.7 1ном. Температуру регулируют путем изменения тока сушки с помощью изменения подводимого напряжения или реостатом.

Аналогично можно проводить сушку от постороннего источника однофазного тока. Этот способ рекомендуется для электрических машин переменного тока. Ротор может быть вынут и высушен отдельно. Ротор с двойной клеткой при сушке должен быть вынут обязательно. Сушка производится также. Ток сушки должен составлять 50-70% от номинального.

Помимо описанных способов сушки существуют метод с помощью постороннего источника трехфазного тока в режиме короткого замыкания, метод короткого замыкания в генераторном режиме, метод «ползучей» скорости. Однако эти методы из-за их трудоемкости и сложности применяют редко.

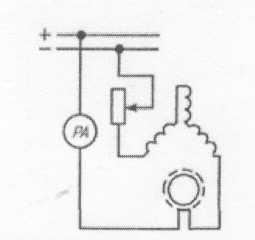


Рисунок 2.3. Схема подключения электрической машины при сушке  
током от постороннего источника

Способы сушки трансформаторов

1. Метод постоянного тока.

Для прогрева трансформатора постоянным током необходимо пропускать через его обмотки ток, близкий к номинальному. Для равномерного прогрева желательно обеспечить последовательное и параллельное соединение всех трех фаз обмоток. Иногда применяют схемы с последовательным соединением обмоток только двух фаз или схемы, в которых две фазы соединены параллельно, а третья включена последовательно.

Напряжение, подводимое для прогрева к трансформатору, в зависимости от схемы соединения его обмоток составит, В:

Uпр=Iмакс\*Rф\*k

* при параллельном соединении всех трехфазных обмоток;

Uпр=2\*Iмакс\*Rф\*k

* при двух фазах, соединенных параллельно и включенных последовательно с третьей

Uпр=3\*Iмакс\*Rф\*k

* при двух крайних фазах, включенных последовательно;
* при трех фазах, включенных параллельно,

где Iмакс - максимальный фазный ток прогреваемой обмотки, А;

Rф - сопротивление фазы обмотки при 15°С, Ом;

k=0,8÷0,9- коэффициент, учитывающий изменения

сопротивления Rф при нагреве.

В начале прогрева до достижения температуры верхних слоев масла 40°С допускается прогрев током, равным 1,2 номинального. В процессе прогрева термосигнализаторами контролируется температура верхних слоев масла. Температуру прогреваемой обмотки определяют по ее омическому сопротивлению Rг(которое измеряют в процессе прогрева) с помощью соотношения

tг= Rг/ Rx\*(235+tx)-235,

где Rxи tx- сопротивление и температура обмотки, указанные в паспорте трансформатора.

Время нагрева составляет не менее 10 ч, считая с момента включения трансформатора.

1. Метод короткого замыкания.

Для сушки токами короткого замыкания одну из обмоток замыкают накоротко, а на другую подают напряжение короткого замыкания, определяемое по паспортным данным трансформатора.

Мощность для прогрева Рпр трехфазных трансформаторов определяется при потерях короткого замыкания (Рк) менее 500 кВт и температуре обмоток 75°C Рпр=1/3\* Рк , где Рк =500 кВт; при Рк>500 кВт мощность Рпр=0,49\* Рк.

Если мощности обмоток, участвующих в прогреве, равны и неравны и питание подается на обмотку меньшей мощности, то ток прогрева определяется по формуле

Iпр=Iном√Рпр/Рк,

где Iном - номинальный линейный ток питаемой обмотки, А.

Если мощности обмоток не равны и питание подается на обмотку большей мощности, то ток прогрева определяют по формуле:

Iпр=Iномл√Рпр/Рк\*Р2ном/ Р1ном,

где Р1ном - номинальная мощность (большая) питаемой обмотки,

кВ.А;

Р2ном - номинальная мощность (меньшая) обмотки, замкнутой накоротко, кВ.А.

При этом должно соблюдаться соотношение 1пр≤0,7 Iном.

Напряжение прогрева трансформатора, когда мощности обмоток равны и не равны, а питание подается на обмотку большей мощности, определяют по формуле

Uпр=((Uк\*Uном)/100)\*(Iпр/Iном),

где Uk- напряжение к.з.(%) пары обмоток, участвующих в прогреве;

Uhom- номинальное напряжение питаемой обмотки, кВ.

Если мощности обмоток, участвующих в прогреве, не равны и питание подается на обмотку меньшей мощности, то напряжение прогрева определяют по формуле

Uпр=((Uк\*Uном)/100)\*(Iпр/Iном)\*(Р2ном/ Р1ном).

Прогрев методом короткого замыкания (как и прогрев постоянным током) запрещается производить в случае обнаружения неисправностей.

1. Метод циркуляции нагретого масла.

Этот метод допускается использовать для сушки активной части трансформатора без демонтажа на месте его установки и отсоединения от сети только с отключением.

Бак трансформатора соединяют двумя маслопроводами (всасывающим и нагнетающим) с системой принудительной циркуляции масла. В систему включают маслонагреватель, фильтры и масляный насос. Схема сушки может быть и незамкнутой, когда увлажнившееся масло, поглотившее из изоляции влагу, больше не используют, а заменяют постепенно сухим горячим маслом до полного высушивания изоляции.

При незамкнутой схеме качество сушки выше, но требуется большое количество масла (примерно десятикратное от количества масла в баке). При замкнутой схеме масло не успевает как следует просушиваться и попадает в бак трансформатора не таким гигроскопичным, как свежее, поэтому сушка продолжается дольше.

Существует также опасность, что масло в замкнутой системе придет в полную негодность, его остатки попадут в каналы обмоток и магнитопровода и будут способствовать быстрому ухудшению вновь залитого свежего масла. Этот способ сушки особо пожароопасен и рекомендуется к применению лишь в исключительных случаях, когда возможность применения других методов сушки отсутствует.

1. Вакуумный метод.

Сушка этим методом осуществляется в вакуум-сушильных шкафах и обеспечивает быструю и высококачественную сушку с небольшими энергетическими затратами. Наиболее экономичным является паровой обогрев, менее экономичен электрообогрев.

Активную часть трансформатора загружают в печь. Предварительно для контроля сушки концы обмоток соединяют между собой проводником и выводят наружу через проходной изолятор. Сушку

начинают с прогрева при вакууме 80-85 кПа, постепенно увеличивая температуру до 95-105°С. Прогрев трансформаторов мощностью до 100 кВ.А длится в течении 3 ч, а большей мощностью - 5 ч. По окончании прогрева вакуум равномерно повышают и в течении 15 мин устанавливают остаточное давление около 40 кПа, которое выдерживают 1 ч. Затем в течении 15 мин вакуум повышают до максимально возможного и сушку производят до конца.

В процессе сушки влагу из колонки конденсатора отбирают каждый час, ее количество и значении сопротивления изоляции записывают в журнал сушки. Когда в течении 3 ч подряд (по трем измерениям) выделения влаги из колонки не будет, а показания мегаомметра будут соответствовать нормам, обогрев отключают (закрывают пар), останавливают вакуум-насосы, вакуум постепенно снимают краном для впуска воздуха, печь разгерметизируют. Эффективным с точки зрения дальнейшей эксплуатации является непосредственная заливка активной части маслом в печи. В этом случае масло заполняет поры изоляции, которые прежде были заняты влагой.

Продолжительность вакуумной сушки зависит от степени увлажненности изоляции обмоток, емкости печи, мощности вакуумных насосов и герметичности уплотнений. Она должна продолжаться не менее 14 ч.

Достоинствами вакуумной сушки являются быстрота, высокое качество и стабильная технология, а недостатками - необходимость постоянно поддерживать в исправном состоянии сложное и дорогостоящее оборудование и в связи с этим высокие эксплуатационные расходы; необходимость поддержания очень глубокого вакуума, который трудно поддерживать, так как уплотнения печи быстро изнашиваются, а их замена сложна и дорога.

1. Безвакуумный метод.

Сушка этим методом осуществляется в стационарных тупиковых печах с электрическим, паровым, индукционным или калориферным подогревом. Активную часть трансформатора загружают на тележку, вкатывают в печь, печь закрывают и включают обогрев. Сушка ведется естественно дольше, чем в вакуумной печи. Критерий окончания сушки один - сопротивление изоляции, соответствующее нормам, должно иметь установившееся значение в течении 3-4 ч. Измеряют сопротивление изоляции на трех изоляционных участках: обмотки ВН по отношению к обмоткам НН, присоединенным к корпусу; обмотки НН по отношению к обмоткам ВН, присоединенным к корпусу; соединенных между собой

обмоток ВН и НН по отношению к корпусу. Для возможных замеров все выводные концы обмоток ВН соединяют между собой. От этих соединений, а также от ярмовых балок (корпуса) выводят наружу провода.

При безвакуумном методе сушки не требуются уплотнения, а используются электрическая и тепловая изоляция выводных проводов от горячих металлических частей печи. Контроль температуры в печи осуществляется термопарами или другими термодатчиками. Для ускорения процесса сушки ближе к ее окончанию рекомендуется проводить одну-две 20-минутные продувки печи теплым или окружающим сухим воздухом для удаления скопившихся в ней паров. При калориферном обогреве печей этого не требуется, так как в печи воздух постоянно циркулирует.

1. Метод сушки активной части в баке токами нулевой последовательности.

Этот метод заключается в том, что к одной из обмоток трехфазного трансформатора подводят пониженное однофазное переменное напряжение и обмотки соединяют так, чтобы возбуждаемые в стержнях магнитные потоки имели одинаковые значения и направления во всех стержня. Замыкаясь через воздух, металлические детали и бак, они вызывают в них потери от вихревых токов, чем и создается нагрев.

При этом способе сушки, как и при индукционном, теплота идет от металлических частей через бумажную изоляцию к проводам, поэтому способ неэкономичен.

Для трансформаторов I-IIгабаритов со схемой соединения «звезда- звезда» и номинальными напряжениями 6300/230 В напряжение, подводимое к обмотке НН

U=200/√Рном,

где Рном - номинальная мощность трансформатора, кВ.А.

Необходимость подбора напряжения при других схемах соединения обмоток опытным путем, а также необходимость распайки обмоток при соединении одной из обмоток в треугольник или зигзаг - серьезные недостатки метода. Поэтому область применения его крайне ограничена.

1. Метод индукционных потерь в стали бака

Это самый распространенный способ сушки активных частей трансформаторов.

Бак трансформатора утепляют, обматывают намагничивающей обмоткой. Она может быть однофазной или трехфазной. К обмотке подключают источник переменного тока от силовой сборки 220 или 380/220 В через двух- или трехполюсный автомат или рубильник. При прохождении тока по обмотке в стальных стенках бака возбуждается магнитный поток, который, замыкаясь по периметру бака, вызывает в нем вихревые токи, нагревающие бак. Теплота от бака передается активной части.

Предварительными расчетами по эмпирическим формулам определяют количество витков намагничивающей обмотки, а при сушке в зависимости от фактической температуры изменяют количество витков. Для этого намагничивающая обмотка может быть выполнена с одним- двумя регулировочными ответвлениями.

Сушку активной части можно производить как маслом, так и без масла, и в зависимости от этого механизм сушки действует по-разному. Масло является теплоносителем и одновременно гигроскопичной средой, отбирающей влагу из изоляции. В масле целесообразно сушить активную часть с промасленными обмотками, т.е. при ремонте без замены обмоток. Новые обмотки сушат без масла.

Для ускорения сушки предусматривают принудительную циркуляцию воздуха в полости бака, для чего на одном из отверстий в крышке бака устанавливают вытяжной вентилятор, включаемый периодически.

Температуру изоляции на разных высотах обмоток, верхнего и нижнего ярма, стенки бака и воздуха в верхней части бака контролируют термопарами. Температура изоляции поддерживается в пределах 85- 100°С, а стенок бака в пределах 110-130°С.

В начале сушки, после того как температура обмоток достигнет 85- 100°С, в баке создают вакуум 200 мм рт.ст. (27 кПа) для удаления паров из бака. В дальнейшем вакуум уменьшают и к окончанию сушки доводят до предельно допустимого для данной конструкции. Обычный диапазон рабочего вакуума 40-50 кПа.

В процессе сушки измеряются температуры и сопротивления изоляции. В начале сушки измерения проводят каждые 4 ч, а к окончанию сушки - каждый час. Параметры записывают в журнал сушки.

Сушка заканчивается, когда установившееся значение сопротивления изоляции, соответствующее нормам, продолжает оставаться неизменным в течении 6 ч. После этого отключают индукционную обмотку, дают остыть активной части до 60-70°С, уплотняют все отверстия нижней части бака, и заливают активную часть в бака сухим трансформаторным маслом.

Контрольные вопросы:

1. Условия включения трансформатора в работу без сушки.
2. Когда производится сушка обмоток электромашин и активной части трансформатора?

Лабораторная работа №6

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И  
РЕМОНТ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Цель работы:

Научиться обслуживать осветительную установку. Изучить операции прозвонки концов проводов и соединение их в распределительных коробках, и способы продления срока службы ламп накаливания.

В результате выполнения работы студент должен:

знать-порядок обслуживания осветительной установки и способы

продления срока службы ламп накаливания;

уметь - составлять электрические схемы осветительных

установок;

- выполнять основные операции по обслуживанию и ремонту осветительных установок.

Методические рекомендации.

При монтаже осветительных установок прозвонка и соединение концов проводов в распределительных коробках довольно трудоемкая операция. Для прозвонки проводов используют омметр или контрольную лампу. При скрытой прокладке проводов соединение и отпайки концов можно делать только в распределительных коробках. Для нормальной работы осветительной установки необходимо правильно соединить концы проводов в коробках, а именно: фазный провод должен проходить через токовую катушку электросчетчика (два зажима слева на его клеммнике), через выключатель на центральный контакт патрона. Нулевой провод сети прокладывают через перемычку электросчетчика (два зажима справа на клеммнике счетчика) и присоединяют к боковому контакту патрона. Переключатели для управления освещением с двух мест также устанавливают в фазном проводе. Розетки подключают непосредственно к фазному и нулевому проводам.

Соединения и отпайки алюминиевых или медных жил в коробках выполняют либо при помощи винтовых зажимов или скрутки с последующей опрессовкой клещами КСП-4, либо гильзами одностороннего заполнения типа ГАО с последующей опрессовкой клещами ПК-2.

Коробки на лабораторной панели имеют набор винтовых зажимов, провода от которых проложены по лицевой стороне панели и присоединены к электрическим патронам, выключателям, розеткам и переключателям (тумблерам).

При прозвонке концов, то есть при определении принадлежности той или иной клеммы токоприемника соответствующему винтовому зажиму на панели, пользуются контрольной лампой. Для прозвонки контактов переключателей (тумблеров) следует использовать винты, к которым присоединены их клеммы. Во время прозвонки контактов выключателей и электросчетчика необходимо снимать крышки.

Контакты розеток и патронов следует прозванивать не разбирая.

Техническое обслуживание осветительной установки проводится для увеличения светоотдачи ламп и проверки исправности осветительной арматуры, проводников, распаечных коробок.

В настоящее время доля ламп накаливания от общего числа источников света составляет более 60%. Поэтому важно найти способы срок службы ламп накаливания. Этого можно добиться правильным выбором мощности и напряжения питания лампы накаливания для каждого конкретного потребителя, учитывая, что лампы выпускаются на напряжение 215-225В, 220-230В,230-240В,235-245В. Если напряжение у потребителя отклоняется от среднего в большую сторону более чем на 5%, то нужно ставить ограничители напряжения или применять ручные, и сенсорные регуляторы освещения.

Для группового регулирования напряжения промышленность выпускает тиристорные ограничители напряжения ТОН-3 на 63-100А, их следует применять для освещения больших помещений например: спортивных арен, спортивных залов, уличного освещения и так далее.

В холодной нити накала лампы ток включения в 12-16 раз больше номинального. В спирали нити накаливания возникают динамические перегрузки как в витках катушки, витки спирали сближаясь замыкаются и лампы перегорают. Поэтому очень важно напряжение на лампы подавать и снимать постепенно или ступенчато. Благодаря этому срок службы лампы может быть продлен в 3-4 раза. Для этих целей используются регуляторы напряжения на основе семисторов, они рассчитаны на управление мощностью 240-300Вт, последние разработки регуляторов напряжения монтируются вместе со светильником.

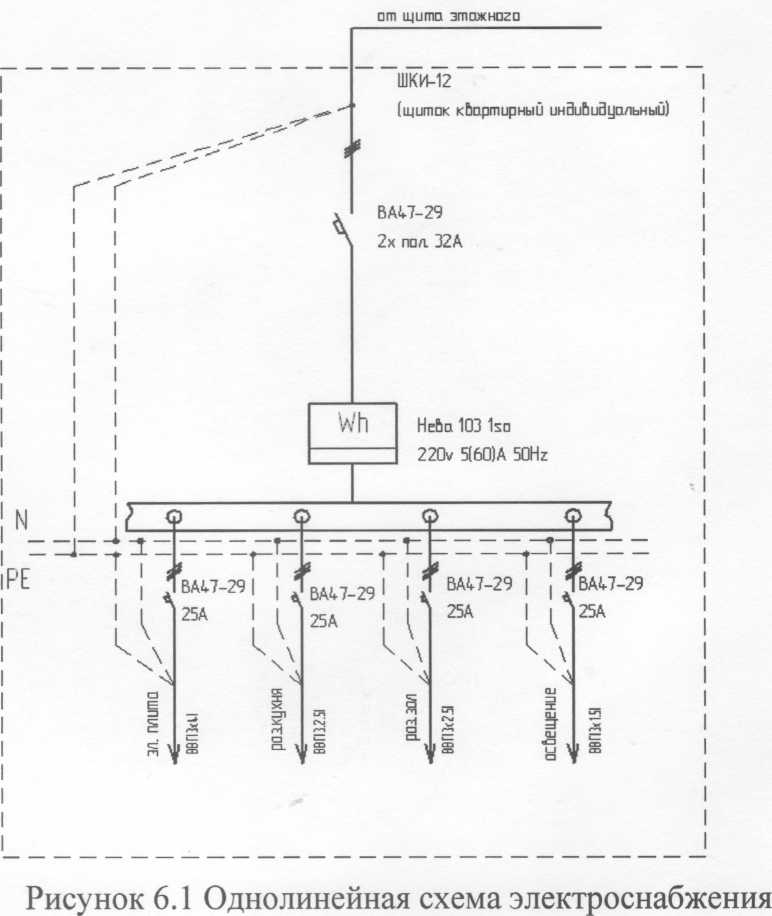
Применение ручных или сенсорных регуляторов освещения выполненных на семисторах, а также других средств регулирования напряжения позволяет не только продлить срок службы ламп накаливания, но и уменьшить расход электроэнергии в 2-3 раза.

Еще одним способом экономии электроэнергии и увеличения светоотдачи может быть замена ламп накаливания на люминесцентные, галогенные лампы и светодиодные светильники. В настоящее время промышленность выпускает такие светильники. Они потребляют мало

электроэнергии, а светоотдача их на порядок выше, чем у обычных ламп накаливания, а срок службы таких светильников намного выше, они легче и обслуживать их удобнее. Питающие провода для запитки подобных светильников имеют меньшее сечение.

Ход работы:

1. Произвести техническое обслуживание осветительной установки, проверить исправность всех элементов.
2. Составить электрическую схему осветительной установки исходя из однолинейной схемы электроснабжения, представленной на рисунке 6.1.



3. Соединить провода по составленной схеме.

4. Выполнить прозвонку концов проводов в распределительных  
коробках.

5. Включить установку и опробовать работу осветительных и  
бытовых приборов.

1. По заданию преподавателя произвести ремонт (замену) элемента схемы.

Контрольные вопросы:

1. Какие марки проводов, распределительных коробок, розеток, выключателей используются при монтаже осветительной установки?
2. Как выполняется соединение концов проводов в распределительных коробках?
3. Какую последовательность необходимо соблюдать при соединении концов проводов в коробках?
4. Какое напряжение считается безопасным при проведении тренировочных упражнений по соединению проводов в распределительных коробках?
5. Как выполняется прозвонка патронов, светильников?
6. Как присоединить розетку на участке схемы с четырьмя проводами?

Лабораторная работа №7

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГРУППОВЫХ  
ЩИТКОВ И СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Цель работы:

Изучить порядок и правила эксплуатации группового щитка осветительной сети, а также установки, проверки и включения счетчика электрической энергии.

В результате выполнения работы студент должен:

знать - правила эксплуатации групповых щитков и счетчиков

электроэнергии;

уметь - устанавливать, проверять и включать счетчик электрической энергии.

Методические указания.

Питание осветительных сетей осуществляется от группового щитка. Щиток обычно представляет собой штампованный стальной или пластмассовый каркас, закрепленный на кронштейнах. Щиток устанавливают в местах, удобных для обслуживания, на панелях, на стенах, в нишах или на щитах на высоте 1,4—1,7 м от пола.

В верхней части группового щитка располагают пробочные предохранители или автоматические выключатели, в средней части — счетчик электрической энергии, в нижней — пакетный выключатель.

Питание из сети подводят к пакетному выключателю, предназначенному для ручного отключения счетчика и осветительной проводки при ревизиях, демонтаже, монтаже.

Предохранители и автоматические выключатели служат для защиты проводки при перегрузках и коротких замыканиях. Счетчик предназначен для учета израсходованной электрической энергии потребителями данного помещения.

Две обмотки счетчика, выполненные из медной изолированной проволоки, расположены на стальных магнитопроводах. Одна из обмоток (последовательная) имеет небольшое число витков (14—15), другая (параллельная)— большое число витков (8000—10 ООО); причем первая обмотка изготовлена из провода большего течения и включена последовательно с нагрузкой (потребителем), а вторая выполнена из тонкой проволоки и включена параллельно нагрузке. Следовательно, первая обмотка измеряет ток, потребляемый нагрузкой, а вторая — напряжение на зажимах потребителя. Эти обмотки создают магнитное поле, пересекающее подвижный алюминиевый диск, укрепленный на оси и расположенный между полюсами магнитопроводов. В этом диске наводятся индуктированные токи, также создающие магнитное поле.

Взаимодействие магнитных полей создает вращающий момент, под действием которого диск вращается со скоростью, пропорциональной мощности потребителя.

Энергия, потребляемая приемником и проходящая через счетчик, определяется как произведение мощности Р на время t:

W=Pt=UIt (7.1)

Концы обмоток выведены к четырем зажимам, расположенным в клеммной коробке. При помощи этих зажимов счетчик подключают к сети (зажимы 1,3 , рисунок 7.1) и соединяют с потребителем (зажимы 2,4). Нулевой провод сети присоединяют к зажиму 3, а фазный - к зажиму 1.

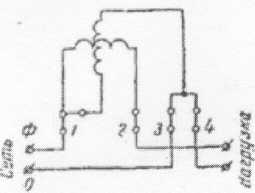


Рисунок 7.1.Монтажная схема счетчика электрической энергии

После монтажа и подключения счетчика клеммную коробку закрывает и пломбирует представитель электроснабжающей организации.

Ход работы

1. Ознакомиться с конструкцией группового щитка, с расположением на нем электрических аппаратов. Изучить устройство и принцип действия счетчика электрической энергии, записать его технические данные. Собрать схему включения счетчика (рисунок 9.2).

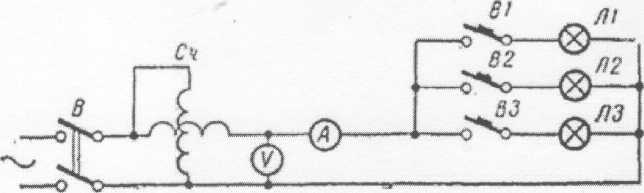


Рисунок 7.2. Схема включения счетчика

1. После проверки схемы преподавателем включить выключателем В счетчик без нагрузки, чтобы убедиться в отсутствии самохода, то есть пригодности счетчика к эксплуатации. Включить автоматами В1—ВЗ нагрузку (сначала одну группу, затем две) и подсчитать число оборотов п диска за 5 мин работы счетчика, одновременно записав показания амперметра и вольтметра. Опытные данные записать.

Для каждой нагрузки вычислить:

а) потребляемую мощность, и израсходованную энергию;

б) действительную постоянную счетчика Сд (кВт-ч/об), то есть количество энергии, соответствующее одному обороту диска.

Сравнить полученную действительную постоянную счетчика с номинальной Сн, которая определяется по данным, обозначенным на счетчике, где написано, что 1 кВт-ч соответствует 5000 оборотов диска.

В отчете привести краткое описание конструкции группового щитка, устройства и принципа действия счетчика электроэнергии; начертить схему включения; представить результаты замеров и расчеты.

Контрольные вопросы:

1. Почему в электрической цепи предохранители и автоматы выключаются после счётчика?
2. Каков принцип действия индукционного счётчика электроэнергии?
3. Почему при наличии самохода счётчик не пригоден для работы?

Лабораторная работа №8

ПРОЗВОНКА ЖИЛ ПРОВОДОВ И  
КАБЕЛЕЙ, ПРОВЕРКА СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Цель работы:

Овладеть приемами прозвонки жил кабелей с помощью простейших приспособлений. Научиться пользоваться мегаоометром.

В результате выполнения работы студент должен: знать - способы прозвонки жил кабелей;

уметь - пользоваться мегаоомметром и выполнять прозвонку проводов и жил кабелей.

Ход работы:

1. Собрать электрическую схему для прозвонки жил кабеля с помощью контрольных лампы (рисунок 8.1), телефонных трубок (рисунок 8.2), электрических щупов (рисунок 8.3).
2. Проверить сопротивление изоляции кабеля мегаоометром (рисунок 8.4)
3. Полученные результаты занести в кабельный журнал и записать результаты проверки кабеля, рисунки зарисовать.

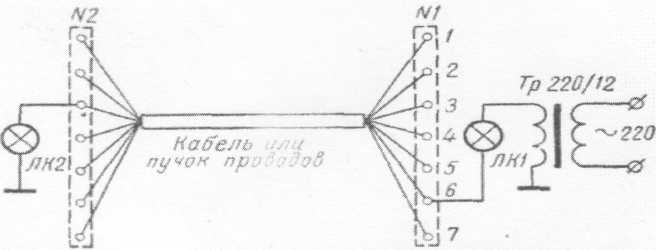


Рисунок 8.1 Схема прозвонки жил кабеля с помощью  
контрольной лампы

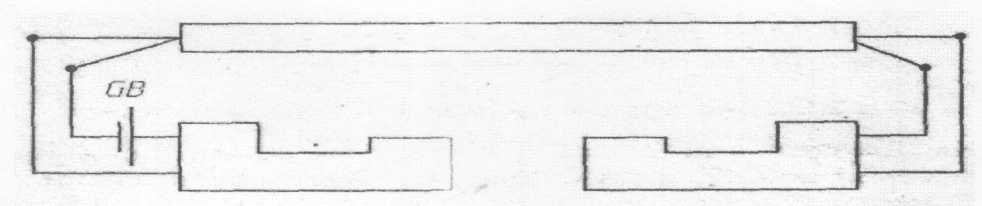


Рисунок 8.2 Схема прозвонки жил кабеля с помощью телефонных трубок.



Рисунок 8.3 Схема прозвонки жил кабеля с помощью электрощупов.

Пример заполнения кабельного журнала:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п\п | № жилы  кабеля, клемникаN 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  | Номер зажима на клемнике  N2 | 20 | 8 | 15 | 7 | 12 | 8 | ит.д. |
|  | Сопротивление  изоляции | 0,5 | 0,49 | 0,5 | 0,48 | 0,51 | 0,5 | ит.д. |

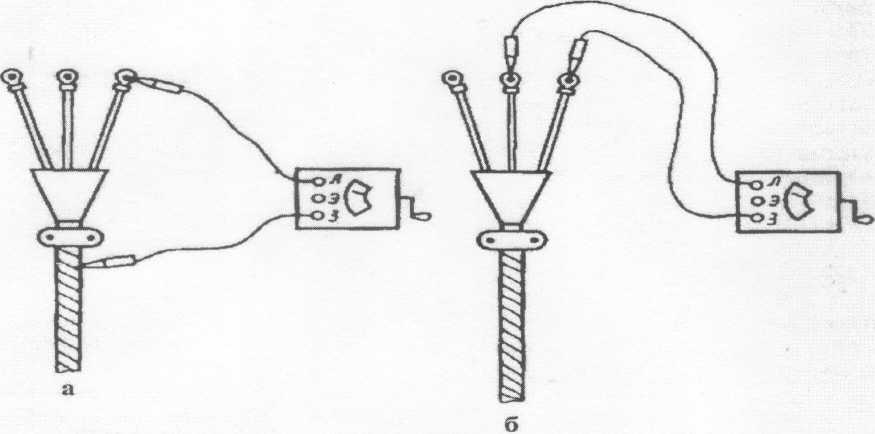


Рисунок 8.4 Схема измерения сопротивления изоляции жил кабеля  
мегаоомметром

а) между фазой и землей;

б) между фазами.

Сопротивление между фазами должно быть не менее 0,5 МОМ ±10%. Напряжение мегаоомметра 500В(1000В).

Контрольные вопросы:

1. Где используются контрольные кабели?
2. В чем различие контрольных и силовых кабелей?
3. Какие приспособления используются при прозвонке жил?
4. В чем заключается способ прозвонки жил с помощью контрольных ламп, телефонных трубок, щупов?
5. Как проверить сопротивление изоляции кабеля с помощью мегаоомметра?
6. Правила маркировки проводов и жил кабеля (кабельный журнал).
7. Зачем в электросхемах для прозвонки используют трансформатор или другой источник питания?

Лабораторная работа №9

ИСПЫТАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ  
ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ПОСЛЕ РЕМОНТА

**Цель работы:**

Освоить методику испытаний трансформаторов тока и напряжения после капитального ремонта.

В результате выполнения работы студент должен:

**знать**-объем испытаний трансформаторов;

**уметь -** выполнять основные испытания трансформаторов после ремонта.

**Методические указания.**

Контрольные испытания производят для каждого выпускаемого из ремонта трансформатора. Перед испытаниями необходимо тщательно осмотреть трансформатор и проконтролировать правильность его сборки.

Согласно ГОСТ 11677—65, в объем контрольных испытаний входит следующее:

а) проверка коэффициента трансформации на всех ответвлениях обмоток;

б) проверка группы соединения обмоток;

в) измерение сопротивления обмоток постоянному току;

г) испытание электрической прочности пробы масла;

д) измерение сопротивления изоляции;

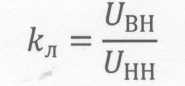
е) испытание электрической прочности изоляции;

ж) измерение потерь и тока холостого хода;

з) измерение напряжения и потерь короткого замыкания;

и) испытание бака трансформатора на плотность.

Коэффициент трансформации обычно определяют как отношение линейного напряжения высокой стороны к линейному напряжению низкой стороны:



Согласно ГОСТ 11677-65 допускается отклонение измеренного коэффициента трансформации от расчетного на более ±1% для трансформаторов с фазным коэффициентом трансформации 3 и ниже и не более ±0,5% для всех других трансформаторов.

Для проверки групп соединения обмоток в условиях ремонтной базы пользуются методом двух вольтметров. Схема проверки представлена на рисунке 9.1.

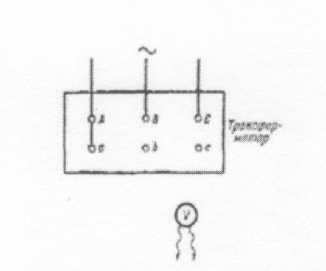
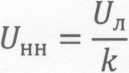


Рисунок 9.1 Схема проверки групп соединений трансформатора.

Между выводами А и а на трехфазных трансформаторах устанавливают перемычку, а к обмотке ВН подводят симметричное по фазам напряжение 100—200 В. Затем у измеряют подведенное напряжение Uab, UBcи UCaИ результирующие напряжения UBb, UBc, Uccи, Исb Значение этих напряжений в зависимости от группы соединений может быть больше (б), равно (р) или меньше (м) так называемого условного напряжения, подсчитываемого по формуле



где: Uнн- линейное напряжение на выходах обмотки НН при опыте, оно может быть измерено или подсчитано по формуле



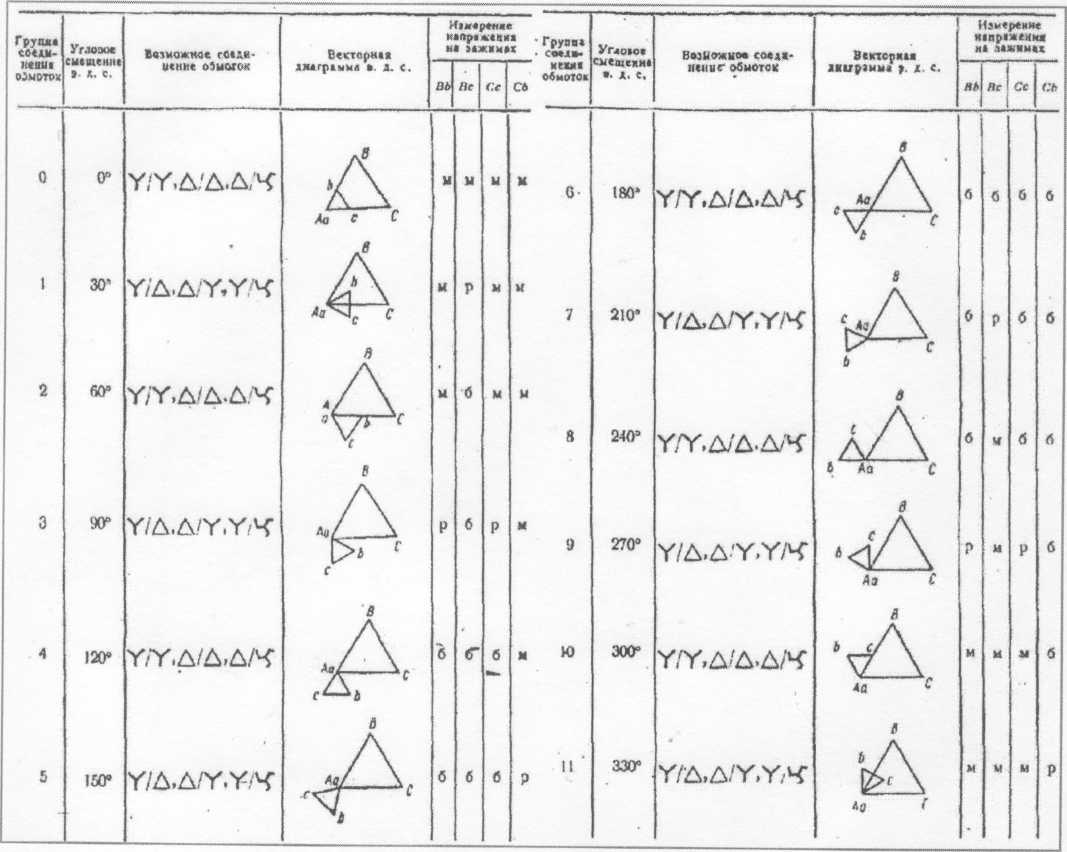
где: Uл-напряжение, подведенное к линейным выходам обмотки ВН при опыте;

k-коэффициент трансформации испытуемого трансформатора.

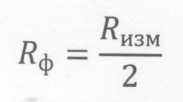
При сравнении последовательности расположения результата измерения с соответствующей последовательностью обозначений б, р, м. по таблице 9.1 определяют группу соединения обмоток трансформатора.

Сопротивление обмоток постоянному току измеряют для всех доступных ответвлений обмоток всех фаз. При контрольных испытаниях силовых трансформаторов наиболее удобен метод амперметра и вольтметра. Во избежание нагрева обмотки и внесений ошибок в результаты измерения ток при измерении не должен превышать 20% номинального тока обмотки.

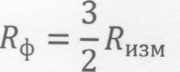
Таблица 9.1



Если есть выведенная нейтраль (нуль), измерения можно делать между фазовым выводом и нулевым. При измерении между линейными выводами линейное значение сопротивления пересчитывают на фазное при соединении обмоток звездой по формуле



а при соединение обмоток треугольником



где Rф- приведенное фазное сопротивление;

Яизм-измеренное сопротивление между линейными выводами.

Результаты измерения считаются удовлетворительными, если фазные значения сопротивления одной и той же обмотки отличаются друг от друга не более чем на ±5% или, согласно ПТЭ, не более чем на ±2% от расчетных.

Испытание электрической прочности пробы трансформаторного масла проводят аппаратами типа АМИ-60 или аналогичными им. Сопротивление изоляции измеряют мегомметром напряжением 1000— 2500 В. Измерения делают при температуре верхних слоев масла не ниже +10°С. Сопротивление изоляции замеряют между каждой обмоткой и корпусом, а также между обмотками. При измерении показания мегомметра отсчитывают через 15 и 60 с после приложения напряжения. При этом определяют коэффициент абсорбции.

При неувлажненной изоляции значение коэффициента абсорбции должно быть не ниже 1,3. Рекомендуется давать оценку состоянию изоляции, сравнивая результаты измерения с предыдущими исходными данными при одинаковой температуре. При отсутствии исходных данных можно пользоваться ориентировочными среднеэксплуатационными данными минимально допустимых значений сопротивления изоляции.

Испытание электрической прочности изоляции трансформатора, согласно ГОСТ 11677— 65, проводят двумя методами. Главную изоляцию трансформатора (изоляцию между обмотками) испытывают повышенным напряжением нормальной частоты. При этом испытательное напряжение прикладывают между испытуемой обмоткой, замкнутой накоротко, и заземленным баком, с которым соединены все другие обмотки трансформатора и магнитопровод (рисунок 9.2).

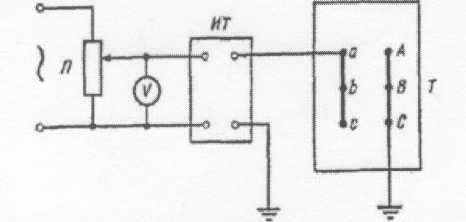


Рисунок 9.2. Схема испытания электрической прочности главной

Испытания проводят при температуре верхних слоев масла порядка +20°С и не раньше чем через 10—120 ч после заливки масла. Первоначально испытывают обмотку НН, а затем обмотку ВН. Напряжение плавно поднимают с 0 до полного испытательного. Испытательное напряжение выдерживают в течение минуты с момента установления его, а затем плавно снижают. Трансформатор считается

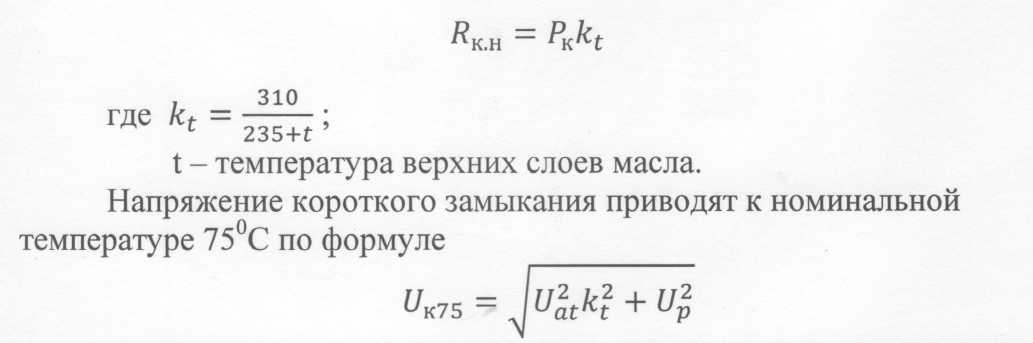
выдержавшим испытания, если во время приложения повышенного напряжения не произошло пробоя изоляции, выделения паров или снижения испытательного напряжения.

Испытание продольной изоляции трансформатора (изоляция между витками, слоями и отдельными секциями) проводят индуктированным в самом трансформаторе повышенным напряжении. Эти испытания проводят в режиме холостого хода, подовая на выводы одной из обмоток (обычно НН) в течение минуты напряжения, равное 1,3 номинального.

Ток и потери холостого хода трансформатора определяют при опыте холостого хода. При этом при обмотке НН подводят номинальное напряжение, практически от среднеарифметического более чем на ± 4,5%.

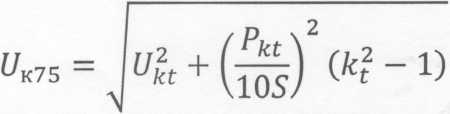
Для трехфазного трансформатора ток холостого хода измеряют тремя амперметрами, а потери мощности - двумя ваттметрами. Результат измерения считается удовлетворительным, если сила тока холостого хода не превышает более чем на 30% нормированное значение, а потери - более чем на 15%.

Потери мощности и напряжения короткого замыкания определяют при опыте короткого замыкания. При этом одной из обмоток (обычно НН) замыкает накоротко, а к обмотке ВН подводят такое напряжение номинальной частоты, чтобы по обеим обмоткам протекал номинальный ток. В трехфазных трансформаторах ток и напряжения определяют как среднеарифметическое показаний приборов всех трех фаз. Измерение потери короткого замыкания приводят к температуре 75 С по формуле



где Uatи Uр активная и реактивная составляющие при температуре t,%

или по формуле



где Ukt- напряжение короткого замыкания, измеренное при t,%;

Pkt - потери короткого замыкания, измеренные при температуре t, Вт;

S- номинальная мощность трансформатора, кВА.

Согласно ГОСТ 11677-65, допускается отклонение от норм значения напряжения и потерь короткого замыкания не более чем на ±10%.

Испытание бака и уплотнение на плотность проводят для определения отсутствия течи в уплотнениях крышки, в арматуре и сварных швах бака при полностью собранном трансформаторе. Для этой цели на трансформатор устанавливают контрольную трубку высотой 1,5м, заполняемую маслом, трансформатор тщательно вытирают и выдерживают в течение часа. При этом температура масла должна быть не ниже ± 10°С. Результат, испытания считается удовлетворительным, если по истечению указанного срока в уплотнениях и швах не обнаружено течи.

Ход работы

1. Осмотреть трансформатор.
2. Вычертить схемы для испытания трансформатора. Провести контрольные испытания трансформатора.

Контрольные вопросы:

1. Каков объем контрольных испытаний силовых трансформаторов?
2. Как измеряют коэффициент трансформации?
3. Какие группы соединения допускаются для силовых транс­форматоров?
4. Для каких целей измеряют омическое сопротивление обмоток?
5. Для чего измеряют коэффициент абсорбции?
6. Каковы методы испытаний электрической прочности изоляции трансформатора?
7. Какие параметры трансформатора определяют при опыте, холостого хода?
8. С какой целью проводят опыт короткого замыкания?

Лабораторная работа №10

ИСПЫТАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Цель работы:

Изучить методику испытания эксплуатационного трансформаторного масла, ознакомиться с аппаратурой для испытания.

В результате выполнения работы студент должен:

знать-объем испытаний трансформаторного масла;

уметь - определять электрическую прочность трансформаторного

масла.

Методические указания.

Для улучшения изоляции и охлаждения активной части трансформатора ее помещают в бак с минеральным трансформаторным маслом. Масло также используют и для охлаждения канала дуги в масляных выключателях.

Трансформаторное масло по основным характеристикам должно отвечать требованиям ГОСТов.

Различают два типа масел: свежее или регенерированное сухое, и эксплуатационное. Требования к этим типам масел различны. В аппараты заливают свежее или регенерированное трансформаторное масло. В процессе эксплуатации качество его ухудшается. При воздействии повышенной температуры, воздуха (особенно озона), влаги и при соприкосновенци масла с металлами в нем возникают продукты распада; из соломенно-желтого оно становится более темным, в нем появляются механические примеси, взвешенный углерод, кислоты, смолы — оно стареет.

Чаще всего вода в масле может быть в виде мельчайших взвешенных частиц (эмульсия) и в виде избыточной воды, которая не смешивается с маслом и осаждается на дно бака (сосуда). Примесь воды даже в количестве до 0,01% (особенно в виде эмульсии) снижает электрическую прочность масла настолько, что делает его практически непригодным для работы в электрических аппаратах.

Появление волокнистых примесей в еще большей степени снижает электрическую прочность масла. Они более гигроскопичны, чем масло, и, впитывая в себя влагу, становятся полупроводящими частицами.

Взвешенный углерод является хорошим проводником. Частицы угля, оседающие на изоляторах или других погруженных в масло деталях, создают проводящие слои, которые могут явиться причиной перекрытия и коротких замыканий.

При соприкосновении с воздухом трансформаторное масло быстро окисляется. Растворенные в нем кислоты действуют на твердую органическую изоляцию аппарата (бумага, картон, пряжа и др.) и металлы (бак, обмотка). Осадки могут покрыть сплошным слоем выемную часть трансформатора, ухудшить условия ее охлаждения, привести к повышению температуры обмотки и порче изоляции. При этом продукты начавшегося старения изоляции ускоряют и процесс старения масла.

Трансформаторное масло испытывают на пробой на специально сконструированной установке.

При испытании необходимо выполнять следующие требования:

1. использовать латунные или медные шлифованные полусферические электроды диаметром 25мм;
2. разрядный промежуток устанавливать равным 2,5мм;
3. испытуемое масло брать в объеме 100—200см ;
4. напряжение поднимать со скоростью 1—1,5кВ в секунду;
5. использовать совершенно чистые и сухие сосуд и электроды, после протирки не касаться их внутренней поверхности.

Ход работы.

1. Определить электрическую прочность трансформаторного масла.

Работу по определению электрической прочности проводят в такой последовательности:

а) Устанавливают требуемый зазор между электродами, промывают сосуд чистым маслом, заполняют его маслом до уровня выше электродов на 15мм, закрывают крышку.

б) Заземляют корпус шкафа, ставят регулятор напряжения в положение, соответствующее наименьшему напряжению. Делают паузу на 10 мин, чтобы пузырьки воздуха удалились из масла.

в) Включают аппарат в сеть, при этом загорается зеленая лампа.

г) Плавно повышают напряжение на электродах до пробоя масла. Во время пробоя между электродами образуется сплошная ярко светящаяся дуга, показания вольтметра падают до нуля, и автомат максимального тока отключает установку. После пробоя регулятор напряжения снова ставят в нулевое положение.

д) Следующие пять пробоев для данного образца масла проводят с интервалом между ними в 5мин в той же последовательности. При этом после каждого пробоя (когда установка отключена) чистой стеклянной палочкой, которая хранится в чистом масле, удаляют с электродов образовавшиеся при пробое частицы углерода и пузырьки

газа.

е) По последним пяти пробоям определяют среднеарифметическое значение электрической прочности образца и заносят в протокол испытания (таблица 10.1).

Таблица 10.1

|  |  |
| --- | --- |
| Протокол испытания | Показатели |
| 1. Пробивное напряжение, кВ: |  |
| 1-й пробой |  |
| 2-й пробой |  |
| 3-й пробой |  |
| 4-й пробой |  |
| 5-й пробой |  |
| Среднее из пяти пробоев |  |
| 2.Прозрачность |  |
| 3.Механические примеси |  |
| 4.Взвешенный углерод |  |
| 5.Наличие влаги |  |
| Заключение о состоянии масла |  |

1. Определить содержание взвешенного углерода.

Для определения взвешенного углерода масло наливают в четырехугольную банку с шириной стенок 10—12 см. К одной стенке банки с внешней стороны приклеивают лист кальки с нанесенными черной тушью тремя линиями различной толщины: 1 мм; 0,5 мм; 0,1 мм. Банку с маслом помещают в фанерный или металлический ящик.

1. Определить наличие воды и механических примесей.

Контрольные вопросы:

1. Каково назначение трансформаторного масла в электрических аппаратах различного типа?
2. Какие изменения происходят в трансформаторном масле в условиях эксплуатации?

З.Что понимается под электрической прочностью масла и как ее определяют?

1. Какие испытания входят в программу на «пробой» и каковы сроки этих испытаний?
2. Какие виды испытаний входят в программу сокращенного анализа масла и каковы их сроки?

Практическая работа №3

СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКОВ МЕРОПРИЯТИЙ

ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Цель работы:

Научиться составлять график мероприятий по эксплуатации и техническому обслуживанию различных видов электрооборудования.

В результате выполнения работы студент должен:

знать - мероприятия по эксплуатации электрооборудования;

уметь - составлять график мероприятий по эксплуатации

различных видов электрооборудования.

Теоретические сведения

Эксплуатация включает в себя техническое обслуживание, ремонт, использование и хранение электроустановок. Техническое обслуживание представляет совокупность организационных и технических мероприятий, проводимых в межремонтный период, направленных на поддержание надежности и готовности использующихся и хранящихся в резерве электроустановок. Основная часть эксплуатации - непосредственное использование электроустановок.

Главная задача эксплуатации - это организация такого обслуживания электрических сетей и электрооборудования, при котором отсутствуют производственные простои из-за неисправности электроустановок, поддерживается надлежащее качество электроэнергии и сохраняются паспортные параметры электрооборудования в течении максимального времени при минимальном расходе электрической энергии и материалов.

Ход работы.

1. Для различных видов электрооборудования согласно варианту составить таблицу 3.1 операции технического обслуживания.

Таблица 3.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Операция | Требования,  периодичность | Пояснение |
|  |  |  |

Варианты заданий:

|  |  |
| --- | --- |
| №  варианта | Вид электрооборудования |
| 1 | Электроосветительные установки |
| 2 | Цеховые электрические сети |
| 3 | Кабельные линии |
| 4 | Воздушные линии напряжением свыше 1000В |
| 5 | Воздушные линии напряжением до 1000В |
| 6 | Силовые трансформаторы |
| 7 | Электрические машины |
| 8 | Распределительные устройства до 1000В |
| 9 | Распределительные устройства свыше 1000В |

Контрольные вопросы:

1. Каковы основные цели технической эксплуатации?
2. С помощью каких аппаратов осуществляют включение и отключение электрооборудования?
3. Какая электроустановка считается действующей?

Практическая работа №4

СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКОВ  
ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ОСМОТРОВ И ТЕКУЩИХ РЕМОНТОВ

Цель работы:

Научиться составлять график профилактических осмотров и текущих ремонтов различных видов электрооборудования.

В результате выполнения работы студент должен:

знать-виды ремонтов;

уметь - составлять график мероприятий по профилактическим осмотрам и текущим ремонтам различных видов электрооборудования.

Теоретические сведения.

Важнейшим условием правильной эксплуатации электроустановок является своевременное проведение планово-предупредительных и периодических профилактических испытаний оборудования и сетей. К текущим относятся ремонты, проводимые во время эксплуатации оборудования для гарантированного обеспечения его работоспособности и состоящие в замене и восстановлении его быстроизнашиваемых частей и в их регулировке. Проведение текущих ремонтов, как правило, не требует специальной остановки основного технологического оборудования.

Ход работы.

1. Для различных видов электрооборудования согласно варианту составить таблицу 4.1 объема работ.

Таблица 4.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид ремонта | Объем работ | Ремонтные нормативы |
|  |  |  |

Варианты заданий:

|  |  |
| --- | --- |
| №  варианта | Вид электрооборудования |
| 1 | Электроосветительные установки |
| 2 | Цеховые электрические сети |
| 3 | Воздушные линии напряжением свыше 1000В |
| 4 | Воздушные линии напряжением до 1000В |
| 5 | Силовые трансформаторы |
| 6 | Электрические машины |
| 7 | Электрические аппараты до 1000В |
| 8 | Распределительные устройства свыше 1000В |

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию ремонтов.
2. Когда производятся профилактические испытания?
3. Назовите организационные мероприятия по технике безопасности при осуществлении текущего ремонта.

Практическая работа №5

СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКА  
КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Цель работы:

Научиться определять объем работ капитального ремонта кабельной линии.

В результате выполнения работы студент должен:

**знать-**виды ремонтов;

**уметь -** определять объем работ по капитальному ремонту кабельной линии, выбирать комплект инструментов.

Ход работы.

1. Для кабельной линии составить таблицу 5.1 операций технического обслуживания.

Таблица 5.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид ремонта | Объем работ | Ремонтные нормативы |
|  |  |  |

2. Составить таблицу мероприятий, которые необходимо учитывать при организации ремонтных работ на кабельных линиях (таблица 5.2)

Таблица 5.2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид работы | Требование | Пояснение |
|  |  |  |

3. Составить перечень инструментов и приспособлений монтера-кабельщика (таблица 5.3)

Таблица 5.3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Количество | Применение |
|  |  |  |

Контрольные вопросы:

1. Назовите виды повреждений кабельных линий.
2. Как определить место повреждения кабельной линии?
3. С какой оболочкой кабели можно прокладывать внутри производственных помещений?

Список литературы

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей 6-й выпуск. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2010 г.
2. Сибикин Ю. Д. Техническая эксплуатация электроустановок промышленных предприятий. - Изд.2-е, перераб. и доп. -М.: РадиоСофт, 2014.-488 с.:ил.г.